Untersuchungen

über die

Grundsubstanz des hyalinen Knorpels

von

Dr. Max Flesch,

Prosector an der anatomischen Anstalt zu Würzburg.

Mit 5 lithographirten Tafeln.

Würzburg.

A. Stuber's Buch- & Kunsthandlung.

1880.

Buchdruckerei von G. Otto in Darmstadt.



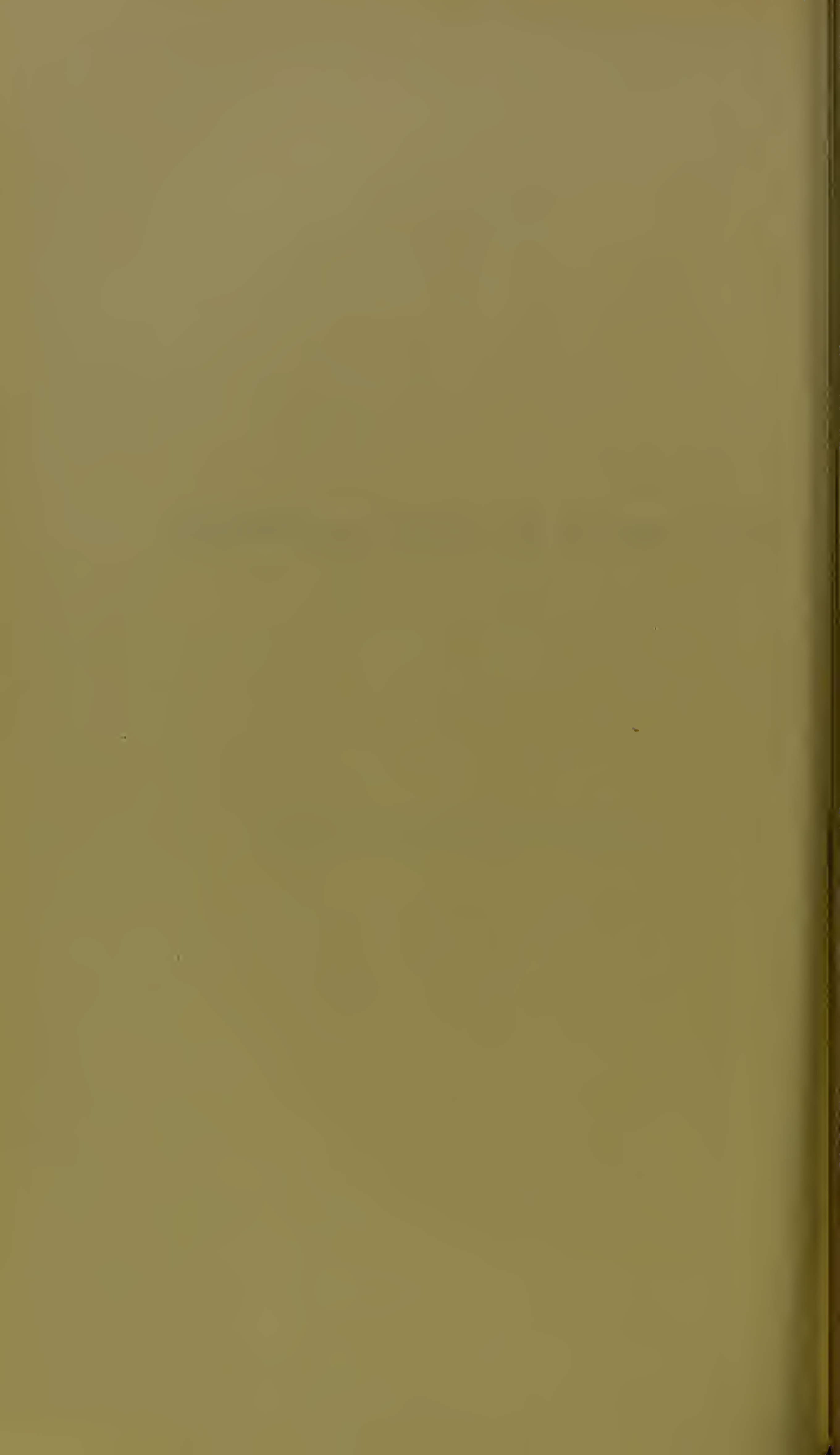
Herrn Hofrath Dr. Franz von Rinecker,

Professor an der Universität Würzburg.

In Verehrung und Dankbarkeit gewidmet

vom

Verfasser.



Die Grundsubstanz des hyalinen Knorpels ist in den letzten Jahren zahlreichen Untersuchungen nach den verschiedensten Richtungen hin unterzogen worden. Dennoch harren manche der aufgeworfenen Probleme, wie die entgegengesetzten Resultate verschiedener Bearbeitungen zeigen, noch immer einer endgiltigen Erledigung. Die nachstehenden Untersuchungen bezwecken, die Frage über die Art der Ernährungsvorgänge im hyalinen Knorpel und insbesondere über die Bedeutung der Grundsubstanz für dieselben der Lösung näher zu führen. Das thatsächliche Material, welches dieser kleinen Arbeit zu Grunde liegt, ist nicht so sehr nach allen Seiten verfolgt worden, dass der beschreibende Theil Anspruch auf Vollständigkeit erheben könnte. Manche Punkte, so das Verhalten der Zellen an einzelnen der untersuchten Objecte, ferner die Ergebnisse eines mehr in das Gebiet der pathologischen Anatomie fallenden Präparates sind selbstständiger Besprechung vorbehalten; andere wurden nur so weit verfolgt, als es die Beantwortung der ins Auge gefassten Fragen zu erheischen schien; insbesondere ist z. B. nicht jedes der untersuchten Objecte der Behandlung mit sämmtlichen der angewandten Methoden unterzogen worden. Die Literatur über unser Thema ist eine so ausgedehnte, dass auch in dieser Hin-

sicht Vollständigkeit zwar erstrebt, aber wohl kaum auch nur annähernd erreicht worden ist. Zusammenstellungen sind in manchen der neueren Arbeiten enthalten. Dennoch glaubte ich zum Schlusse eine Uebersicht der von mir benützten Arbeiten geben zu dürfen, da einerseits nicht alle durch Citate im Text erwähnt werden konnten, andererseits auch die behandelten Fragen ein Zurückgehen auf in jenen Zusammenstellungen weniger berücksichtigte ältere Werke und Abhandlungen vielfach erforderte. Möge den Lücken dieser Untersuchung Nachsicht, den in ihr vertretenen Anschauungen wohlwollende Prüfung zu Theil werden.

Eine angenehme Pflicht ist es mir schliesslich, Herrn Geheimrath v. Kölliker für seine liberale Unterstützung mit den Schätzen seiner reichhaltigen Bibliothek, Herrn Hofrath Rindfleisch für die wiederholte Ueberlassung seines vortrefflichen Immersionssystemes IX (v. Gundlach) meinen Dank auszusprechen.

Von der Zeit an, in welcher man zuerst versuchte die Analogie zwischen den Zellen thierischer und pflanzlicher Organismen festzustellen erschien das Knorpelgewebe als das am leichtesten zu directer Vergleichung geeignete Untersuchungsmaterial. Im Anschlusse an die Arbeiten Schwann's, die sich in erster Linie mit der Structur des Knorpels beschäftigten, haben seitdem fast alle Autoren, die sich um die Ausbildung der Zellenlehre bemühten, das gleiche Object benutzt. Es dürfte wohl kaum ein anderes Gebilde der organischen Welt zahlreicheren Darstellungen unterzogen worden sein, als gerade das genannte.

Die Eigenschaft des Knorpels, welche demselben eine so hervorragende Berücksichtigung zugezogen hat, ist seine Gefässarmuth. Zwar kennen wir noch zahlreiche aus Zellen bestehende Theile im thierischen Organismus, die der Gefässe entbehren und dennoch in ausgiebigstem Maasse durch ihre Wachsthumserscheinungen, durch Veränderung ihrer ursprünglichen Formen, durch Ausscheidung eigenthümlicher Absonderungen Proben eines energischen Stoffumsatzes ablegen. Ganz besonders aber, solange die Grundlagen der Zellenlehre noch nicht endgiltig klargelegt waren, zog man als Vergleichsobject am liebsten heran ein Gewebe, dessen morphologische Verhältnisse durch die Existenz einer die einzelnen Zellen isolirenden Grundsubstanz — wohl nicht so sehr, als es auf den ersten Blick scheinen

mag — jenen der grossen Mehrzahl pflanzlicher Parenchyme, die aus mit deutlicher Zellhaut ausgerüsteten Zellen bestehen, genähert waren.[1]

Nachdem einmal das Fundament für den wissenschaftlichen Ausbau der modernen Histologie durch die Ausdehnung der Zellenlehre auf beide Theile der organischen Welt gelegt war, blieb dem Knorpel gerade durch seine Eigenart gegenüber der grossen Mehrzahl der thierischen Gewebe, die ihn diesen ferner den pflanzlichen Parenchymen näherstehend erscheinen liess, das Interesse der Forscher gesichert. Schon sehr frühe hatte man allerdings erkannt, dass die thierische Zellhaut, wenn man die Grundsubstanz des Knorpels als solche ansehen wollte, nicht ohne weiters jener der Pflanzenzelle parallelisirt werden könne. Die an anderer Stelle zu besprechende Auffassung, zu welcher Virchow sich entschloss, liess aus gewichtigen Gründen nur die Kapsel der Knorpelzelle als Analogon der Membran der Pflanzenzellen gelten.[2] Selbst diese Analogie fällt indessen, da ja „genau genommen, die Kapsel der Intercellularsubstanz angehört, deren jüngster Theil sie ist".[3] Ein neues eigenartiges Gebilde muss herangezogen werden, die Intercellularsubstanz. Die Anordnung thierischer Zellen ist in vielen Fällen eine andere als die der pflanzlichen; während letztere mit ihren Capseln

---

[1] In den nachstehenden Betrachtungen wird, dem in der Botanik üblichen Sprachgebrauche folgend, als Zellhaut der Pflanzenzelle stets deren äussere Schicht, eine „feste elastische Haut, welche aus einem ihr eigenthümlichen Stoff, der Cellulose besteht" (Sachs, Lehrbuch der Botanik. 4. Aufl. p. 2) bezeichnet sein. Es soll hierdurch jede Anlehnung an eine, ohnehin wohl jetzt kaum mehr haltbare Auffassung vermieden werden, wonach man etwa die Bezeichnung „Zellmembran" auf den sogenannten Primordialschlauch zu übertragen versuchte.

[2] Cellularpathologie 4. Auflage 1871. pag. 9. „Wenn auch die sogenannte Membran (Capsel) der Pflanzenzelle in der Capsel der Knorpelzellen ein Analogon findet, so entspricht doch vielmehr die gewöhnliche Membran der Thierzelle dem Primordialschlauch der (inneren) Pflanzenzelle, wie ich schon 1847 hervorgehoben habe".

[3] l. c. p. 47.

unmittelbar aneinander stossen (wir folgen hier der von Virchow[1] gegebenen Darstellung), so jedoch, dass man immer noch die alten Grenzen unterscheiden kann, so können wir bei den thierischen Geweben in der sehr reichlichen Masse, welche zwischen den Zellen liegt, nur selten für das Auge fesstellen, was von derselben der einen oder anderen Zelle angehört. Schien so ein wesentlicher Unterschied zwischen dem thierischen und pflanzlichen Gewebe statuirt, so war es bis zu einem gewissen Grade gerechtfertigt, wenn nunmehr die Untersuchung jener Zwischensubstanz an einem Gewebe, das sonst dem pflanzlichen ähnlich, die charakteristische Grund- oder Intercellularsubstanz in besonders ausgebildeter Form vorführte, sich unabhängig gestaltete. Fast dürfte es scheinen, als wenn so manche Parallelisirungen unterlassen geblieben seien, die nicht unwesentliche Klärungen in die später auftretenden Fragen zu bringen geeignet waren. Sicher dürfen wir die stickstoffhaltige, mit der von der Nachbarzelle[2] ausgeschiedenen in Continuität tretende Intercellularsubstanz nicht ohne Weiteres der stickstofflosen, ausschliesslich als Kapsel der einzelnen Zellen scharf abgegrenzten Cellulosehülle der Pflanzenzelle gleichstellen. Unleugbar aber besitzen beide Substanzen trotz ihrer so verschiedenen chemischen und morphologischen Eigenthümlichkeiten die gleiche physiologische Beziehung zu den eingeschlossenen Zellkörpern. Nur durch jene Umhüllungsschichten, die stickstoffhaltige der thierischen, die stickstofflose der Pflanzenzellen kann das zur Erhaltung des Stoffumsatzes in den Zellkörpern — die entfernt von den, reich-

[1] l. c. p. 17.

[2] Am besten lässt sich dieser Unterschied durch den Vergleich des Knochengewebes mit dem eines Fruchtsteines, einer Pflaume etc. nachweisen: In beiden Gebilden — namentlich wenn Schliffe in mazerirtem Zustand und lufthaltig eingeschlossen verglichen werden — gleichen sich die sternförmigen Hohlräume für die einzelnen Zellen aufs genaueste, in dem Fruchtsteine bezeichnen aber scharfe Linien genau die einzelnen Zellcontouren, während ja solche im Knochen absolut unerfindlich sind.

liche Ernährungsflüssigkeit führenden Bahnen, durch ihre Hülle isolirt sind — nöthige Verbrauchsmaterial zugeführt werden. Zwei Möglichkeiten sind hier in erster Linie denkbar: entweder. jene Substanz ist von Kanälen durchsetzt, innerhalb deren die Ernährungs-Flüssigkeit frei circuliren kann, oder deren Gelangen in den Zellkörper erfolgt auf dem Wege eines Diffusionsprocesses. In ersterem Falle bleibt der Wahrscheinlichkeit nach die Flüssigkeit im Ganzen unverändert; sie erreicht die Zelle in der Zusammensetzung, welche sie in den grösseren Saftbahnen u. s. f. besass; es erscheint ferner bei dieser Annahme möglich, dass auch andere als in dünnflüssigem Zustande befindliche Materialien die Grundsubstanz passiren. Bei einem Diffusionsprocesse wird hingegen unter Umständen die Ernährungsflüssigkeit Veränderungen erfahren, welche von dem chemischen und physicalischen Aufbau der durchsetzten Substanz bis zu einem gewissen Grad abhängig sind. Es wird dann, falls in der That der Verlauf derart sein sollte, dass die Natur der Ernährungsflüssigkeit schon vor deren Ankunft in der eigentlichen Zelle beeinflusst werden könnte, die Bedeutung der Grundsubstanz oder der Zellhaut als Träger des betreffenden Vorganges für den Stoffumsatz eine sehr wesentliche. Um aber der Intercellular-Substanz eine so wichtige Rolle vindiciren zu dürfen, müsste man vor Allem gerade darüber, ob sie nicht etwa von Kanälen durchsetzt sei, welche ein im Ganzen unverändertes Ernährungsmaterial den Zellen zuführen können, zum Schlusse kommen.

Von den thierischen Geweben, welche eine reichlichere Entwickelung der Grundsubstanz zeigen,[1] lassen manche die in

---

[1] Im wesentlichen aus der Reihe der Gewebe der Bindesubstanz. Im Gegensatz zu den gleichfalls gefässlosen, aber an Grund-Substanz armen epithelialen Geweben. — Das Vorkommen von Gefässen in manchen Formen des Knorpels ist für unsere Betrachtungen unwesentlich; da ja wir ausschliesslich den Weg des Ernährungsmateriales durch die Grundsubstanz, die auch dort den Zellkörper von jenen trennt, zu beachten haben.

ihnen enthaltenen praeformirten Saftbahnen leicht nachweisen; wir können vorläufig davon absehen, dass auch in solchen, an Kanälen reichen Geweben, die Mitbetheiligung der Grundsubstanz an der Zufuhr von Ernährungsmaterial nicht ganz ausser der Möglichkeit liegt. Gerade der hyaline Knorpel bietet dagegen hier ein Untersuchungsobject, das, von den verschiedensten Seiten in Angriff genommen, noch immer nicht vollständig aufgeklärt ist. So vielerlei Einzelheiten über die Grundsubstanz jenes Gewebes ermittelt wurden, die physiologisch wie morphologisch wichtige Frage über die Existenz sogenannter Saftkanälchen in demselben ist bis heute nicht endgiltig entschieden. Die Lösung dieses Problemes könnte sich auf anatomischem und auf experimentellem Wege ermöglichen lassen. Versuchen wir, unter Hervorhebung der jeweilig ältesten bezüglichen Angaben, ohne jedoch auf alle Einzelheiten der namentlich in letzter Zeit zu bedeutender Ausdehnung gelangten Literatur einzugehen — es sei in dieser Hinsicht auf die am Schlusse folgende Literatur-Uebersicht verwiesen — die zunächst zu berücksichtigenden Untersuchungsweisen und deren bisherige Ergebnisse zu überblicken.

An dem hyalinen Knorpel des Menschen und der höheren Wirbelthiere ergiebt uns das nächstliegende Mittel, die directe mikroscopische Untersuchung, sei es feiner Schnitte, sei es dünner, nur aus einer oder zwei Zellenlagen bestehender Knorpelbildungen ohne Zusatz oder höchstens mit wenig eingreifenden Reagentien ein im Allgemeinen negatives Resultat hinsichtlich der Existenz von Saftkanälchen.[1] Als auf solche hindeutend könnten höchstens radiäre Streifungen, welche zuerst Heinrich Müller[2] in den Kapseln des (Netz-) Knorpels des Ohres bei

[1] Nur von historischem Interesse, wenn auch kaum verwerthbar, ist es übrigens, dass schon im Jahre 1849 H. Meyer häufig „entschiedene Andeutung von Tüpfelkanälen“ in der Kapsel ausgebildeter Knorpelzellen findet. (Müller's Archiv 1849. p. 316.)

[2] Würzburger naturwissenschaftliche Zeitschrift. Bd. I. 1860. p. 92. ff.

Hund und Schwein sah, erwähnt werden, die auch von anderen bestätigt wurden. Was Heitzmann[1] betreffs des eigentlichen hyalinen Knorpels erwähnt, dass man bei Anwendung starker Immersionssysteme „eine sehr schwache, wie zart gekörnte Zeichnung“ „so dass dunkle Felder mit hellen abwechseln, und hie und da der Eindruck entsteht, als würden die hellen Felder Verzweigungen selbst ein zartes Maschenwerk bilden“ ist für sich allein nicht wohl genügend, um den Schluss auf die Existenz von Kanälen zu ziehen. Eher geben die physiologischen Umwandlungen des hyalinen Knorpels bei der Verkalkung Gelegenheit zu positiven Beobachtungen in jener Richtung. So gedenkt u. a. Aeby[2] des Auftretens feiner radiär gestellter Streifen in der verkalkten Knorpelkapsel. Von eigentlichen, die Grundsubstanz durchsetzenden Kanälen ist aber auch da nichts zu sehen. Im Gegensatz zu diesem negativen Ergebniss der Untersuchungen am normalen Knorpel der höheren Thiere stehen die Bilder, welche wir mit Leichtigkeit bei manchen Fischen, noch besser aber bei den entsprechenden Geweben der Cephalopoden erhalten. So erwähnt (l. c. p. 242) Leydig[3] dass, bei verschiedenen Plagiostomen . . . . . sich die Knorpelkörperchen zum Theil in Kanäle, die sich netzförmig verbinden und so eine Art Röhrensystem des Knorpels darstellen entwickelt haben“. Schon vorher haben Queckett,[4] ferner

---

[1] Studien am Knochen und Knorpel. Wiener medicin. Jahrbücher 1872. IV. Heft, p. 12 des Separatabdruckes.

[2] Ueber die Symphysis ossium pubis des Menschen nebst Beiträgen zur Lehre vom hyalinen Knorpel und seiner Verknöcherung. Zeitschrift für rationelle Medicin IV. Reihe. Bd. IV. 1856 p. 1 ff.

[3] Zur Anatomie und Histologie der Chimaera monstrosa. Müller's Archiv 1851. p. 241 ff.

[4] Catalogue of the historical series in the museum of the Roy. Coll. of surgeons 1850. Vol. I. pag. 102. (Citat nach Reichert Jahresbericht über die Fortschritte der mikroscopischen Anatomie im Archiv f. Anat. 1852 p. 92.)

Bergmann[1] die Grundsubstanz durchsetzende Ausläufer der Zellen am Kopfknorpel der Cephalopoden beschrieben. War so im Knorpel bei dem Menschen ferner stehenden Thieren die Existenz von die Grundsubstanz durchsetzenden Gängen klar gelegt, so war man umsomehr berechtigt, auch da, wo solche sich nicht ohne Weiteres dem Auge praesentirten, nach denselben zu suchen, als pathologische Beobachtungen an Enchondromen sternförmige Zellen kennen gelehrt hatten.[2] Wenn Kanäle vorhanden, aber aus irgend welchen optischen Gründen unsichtbar waren, so konnten sie vielleicht sichtbar werden durch Imprägnation der Grundsubstanz mit löslichen Farbstoffen oder durch gefärbte Niederschläge in den Kanälen selbst. Es gelang nun in der That der Nachweis, dass nicht nur Flüssigkeiten, sondern auch kleine feste Partikel in das Innere der Knorpelhöhlen gelangen können, dass ferner bei geeigneter Behandlung Structurverhältnisse in der ursprünglich homogen aussehenden Grundsubstanz hervortreten, die, wenn sie auch keinen Vergleich mit den im Knorpel niederer Thiere, in Enchondromen beim Menschen gefundenen Verhältnissen zulassen, doch jedenfalls Rückschlüsse auf die möglichen Ernährungswege gestatten.

In erster Linie sollte man erwarten, dass vielleicht Farbstoffablagerungen, welche sich zuweilen physiologisch oder pathologisch im Knorpel einstellen uns solche Wege andeuten könnten. Leydig[3] erwähnt Pigmentablagerungen in den Zellen, nicht aber in der Grundsubstanz des Sclerotica-Knorpels von Menopoma alleghanensis. Färbung der Grundsubstanz fand Virchow[4] einmal in auffallendem Maasse beim Menschen; alle

---

[1] Disquisitiones microscopicae de cartilaginibus in specie hyalinicis. Dissert. Dorpat 1850 p. 29. fig. 6.

[2] Angedeutet bereits bei Johannes Müller. Ueber den feineren Bau der krankhaften Geschwülste. Berlin 1838. p. 35.

[3] Lehrbuch der Histologie des Menschen und der Thiere. Frankfurt 1857. p. 34. Vom Bau des thierischen Körpers. Tübingen 1864. p. 54.

[4] Ein Fall allgemeiner Ochronose der Knorpel und knorpelähnlichen Theile. Virchow's Archiv. Bd. XXXVII, 1866. p. 212 ff.

Knorpel waren mehr oder weniger intensiv schwarz gefärbt; die Kapseln weniger als die Grundsubstanz, am wenigsten die Zellen; der Farbstoff war körnig oder diffus. Bestimmte Bahnen, die sich durch Mangel oder stärkere Anhäufung des Farbstoffes ausgezeichnet hätten, sind nicht erwähnt; ebensowenig macht Zahn[1] einschlägige Angaben. — Lange Zeit fortgesetztes Einnehmen von Silber erzeugt bekanntlich Färbung verschiedener Gewebe. Gerade der Knorpel scheint aber sehr lange frei zu bleiben. Wenigstens fand Huet[2] den Knorpel frei von Silber-Abscheidungen; er erwähnt indess auch einer entgegengesetzten Angabe, deren Original mir jedoch nicht zur Verfügung stand. — An diese auf dem Wege eines im Leben ablaufenden Processes bewirkte Imprägnation des Knorpels können wir zweckmässig noch anreihen den Befund, welchen die Einlagerung von Harnsäure-Crystallen in den Knorpel — bei Arthritis uratica — darbietet. Nach Cornil und Ranvier[3] erfolgt die Ablagerung der Salze in die Grundsubstanz selbst in Gestalt von Büscheln, deren Centrum jeweils eine Zellhöhle bildet; die Büschel sind zusammengesetzt aus Nadeln, die bald geradlinig, bald leicht gekrümmt erscheinen. (Letzteres ist vielleicht bemerkenswerth, denn später erwähnen die genannten Autoren, dass die in der Gelenkhöhle enthaltene kreidige Masse in Wasser zerrührt, schöne geradlinige Nadeln von harnsaurem Natron zeige.) In überraschender Weise sieht man „die Crystalle die verschiedenen Bestandtheile des Knorpels, Zelle, Kapsel und Grundsubstanz durchsetzen, genau wie eine homogene Flüssigkeit". Nach Auflösung der Crystalle bleibt Knorpelgewebe zurück.

---

[1] Virchow's Archiv. Bd. LXXII. 1878. „Ueber Pigmentinfiltration des Knorpels".

[2] Recherches sur l'argyrie. Journal de l'Anatomie et de la Physiologie. 1873. IX. Jahrg. p. 428.

[3] Manuel d'histologie pathologique. Paris 1869. p. 427 ff. fig. 202. vergl. auch Rindfleisch. Lehrbuch der pathologischen Gewebelehre. Leipzig 1878. p. 553.

Eine derartige Anfüllung fester Substanz mit Einlagerungen ist nur durch die Existenz weniger dichter Stellen in ihr erklärlich; nur in solchen kann sich der nöthige Raum finden. Es lässt sich die Anordnung der Cristalle recht wohl mit den auf unserer Tafel III. Fig. 1 dargestellten Liniensystemen, die durch Silberbehandlung in der Grundsubstanz zuweilen hervorgerufen werden, vergleichen. Vielleicht könnte als Beleg für die Abhängigkeit der Anordnung der Crystall-Nadeln von Structurverhältnissen im Knorpel die zuweilen gekrümmte Form der sonst geradlinigen Nadeln angeführt werden. Möglicherweise bringen genauere Untersuchungen uratisch infiltrirter Gelenke auch darüber Aufschluss. Die genannten Autoren haben ja unsere Frage gar nicht berücksichtigt. — Ausser den hier genannten krankhaften Einlagerungen im Knorpel gibt es deren noch andere, meist in körniger Form erfolgende; dieselben lassen sich hier schon desshalb schwer verwerthen, weil sie meist nur in Verbindung mit sonstigen Structurveränderungen auftreten. Wichtig erscheint es, dass auch diese Einlagerungen überwiegend an die Umgebung der Zelle gebunden sind; dass ihre Anordnung ferner in mancher Hinsicht Beziehungen zu dem, später noch mehrfach zu besprechenden „fibrillären" Aufbau des Knorpels zeigt; einen Beleg für die Existenz oder Nichtexistenz von Saftkanälen können wir indessen daraus nicht gewinnen. In Anbetracht des Umstandes übrigens, dass, nach den von uns durchmusterten Arbeiten wenigstens bei Untersuchung der pathologischen Infiltrationen des Knorpels jene Frage specielle Berücksichtigung nirgends gefunden hat, liessen sich vielleicht bei fortgesetzter Untersuchung bessere Ergebnisse noch immer erwarten.[1]

[1] Die Untersuchung hochgradiger Fälle von Argyria erscheint geradezu vielversprechend, wenn auch bis jetzt nichts Positives am Knorpel gefunden wurde. Riemer (Archiv der Heilkunde 1875 XVI. Jahrg. 1875) findet zwar den Knorpel frei, dagegen nicht das Perichondrium (pag. 311). Auch bei den künstlichen Imprägnationen wird Letzteres immer leichter gefärbt. Nach R. erfolgt die Silberablagerung in körniger Form als

Einen sicheren Beweis für die Existenz präformirter Bahnen in den Geweben versprechen am ehesten Versuche, am lebenden Thiere körnige, nicht in Lösung befindliche Farbstoffe dem Blut einzuverleiben und den Weg der Farbstofftheilchen durch die Gewebe zu verfolgen. Die Untersuchung des Knorpels nach zu jenem Zweck vorgenommener Einverleibung suspendirten Zinnobers in das Blut, gab in verschiedenen Händen verschiedene Resultate.

Reitz, Hénocque (vgl. die Literatur-Uebersicht) fanden am normalen, ausserdem Heitzmann, ferner Hutob am entzündeten Knorpel Zinnoberkörnchen in den Knorpelhöhlen, theilweise auch in der Grundsubstanz. (Reitz)[1]. Im entzündeten Knorpel war die Menge des in ihn gelangten Zinnobers grösser als im normalen. (Reitz.) Dem entgegen erzielten Hofmann und Langerhans und Andere ein negatives Ergebniss. Auch die genauesten positiven Angaben beweisen nur die Thatsache, dass Vorrichtungen bestehen müssen, mittelst deren die Farbstoffkörnchen durch die scheinbar homogene Grundsubstanz vordringen können. Einen Anhalt für die Anordnung der betreffenden Bahnen vermögen wir daraus nicht zu gewinnen; noch weniger dafür, ob jene Vorrichtungen in Spalten oder Canälen bestehen, deren Inhalt von der umgebenden Grundsubstanz sich nach seinem Aggregatzustand und seiner chemischen Beschaffen-

---

reducirtes Silber; danach würde also der Effect ein ähnlicher sein müssen, wie nach Einspritzung von Zinnobersuspension in das Blut.

[1] Vergl. auch W. Krause. Handbuch der menschlichen Anatomie I. Bd. Hannover 1876. p. 56. — In welcher Art die Zinnoberkörnchen in die Grundsubstanz gelangen können, darüber fehlt jede Angabe. Wo solche die Gefässwand (durch deren Kittleisten) passirt hatten, glaubte Arnold (Ueber das Verhalten der Wandungen der Blutgefässe bei der Emigration weisser Blutkörperchen, Virchow's Archiv, Bd. LXII. p. 487 ff.) amöboide Bewegungen der Zinnoberklümpchen gesehen zu haben; er hält daher für wahrscheinlicher, (l. c. p. 493) dass sie an kleine Protoplasmamassen gebunden seien.

heit wesentlich unterscheidet, denen wir ferner eine reale Abgrenzung durch eine eigene Wandung zuerkennen müssen.

Ueber die Anordnung der Bahnen, welche in das Blut gelangte Substanzen zur Zelle hinleiten, die demnach wahrscheinlich auch als die Träger der Nährstoffe erscheinen, erhalten wir Aufschluss durch die Resultate, welche Arnold mittelst der Einführung eines löslichen Farbstoffes, des indig-schwefelsauren Natron, in das Blut lebender Thiere erzielt hat.[1]

Zwar stehen Arnold's positiven Angaben die negativen Resultate v. Maas und Gerlach entgegen; sie lassen gleichfalls den Farbstoff in den Knorpel eindringen. Maas findet indessen nur in den verkalkten Theilen des Knorpels, Gerlach nur in den Knorpelhöhlen Farbstoff-Ablagerungen. Letzterer kommt in Folge dessen zu der Annahme, dass der Farbstoff auf dem Wege der Diffusion durch die Intercellularsubstanz sich im Knorpel ausbreite. Auch Küttner, dessen Versuchsanordnung allerdings eine wesentlich andere war — er untersuchte die Bronchial- und Trachealknorpel von Thieren, welchen er längere Zeit hindurch Lösungen des indig-schwefelsauren Natron in die Luftröhre eingeträufelt hatte — fand den Farbstoff in den Knorpelhöhlen, als theils körnige, theils diffus blaue Abscheidung in den Kernen, ein Resultat, welches von Gerlach bestätigt wird. Dem entgegen nun weist Arnoed nach — und seine Angaben erhieltendurch Nykamp's gemeinsam mit Treub ausgeführte Untersuchungen eine Bestätigung -- dass die Aussonderung des blauen Farbstoffes auch in der Grundsubstanz des Knorpels in körniger Form erfolgt; dass ferner

[1] Indigo-Ausscheidungen zum Nachweis von Spalträumen in thierischen Geweben hat zuerst v. Wittich (Bindegewebs-Fett- und Pigment-Zellen. Virchow's Archiv 1856. Bd. IX. S. 185) in Anwendung gezogen. Das von ihm damals eingehaltene Verfahren lässt sich indess in keiner Weise dem modernen der Infusion des indig-schwefelsauren Natron in das Blut lebender Thiere vergleichen, wie es von v. Wittich selbst, Heidenhain, Thoma, Arnold u. a. in Anwendung gezogen wird.

die Abscheidung in vielen Knorpeln in einer regelmässigen Weise geschieht, in erster Linie pericellulär in den Höhlen selbst, ferner in Gestalt feiner radiärer Zeichnungen in den Kapseln (von denen es wahrscheinlich, wenn auch nicht absolut erwiesen ist, dass sie mit den pericellulären Ausscheidungen continuirlich zusammenhängen) endlich als verschiedenartige Ausscheidungen in der eigentlichen Grundsubstanz, bald als dichtgelagerte Körner oder Körnerreihen, bald als streifige oder netzförmige Zeichnungen. Arnold selbst führt die Verschiedenheit dieser Bilder auf die verschiedenartige Architectur des Knorpels, nach der jeweiligen Anordnung der Fibrillen in der Grundsubstanz zurück; er betrachtet die Ausscheidungen als interfibrilläre. Seine Anschauungen über die Configuration der Saftbahnen fasst er demnach dahin zusammen:[1] „Das durch die Gefässe des Perichondriums und Markes zugeführte Material dringt in der Intercellularsubstanz innerhalb feiner zwischen den Fibrillen, Fibrillenbündeln und Fibrillen-Netzen gelegener Spalten vor, welche wir als interfibrilläre bezeichnen wollen. Von diesen aus gelangt der Ernährungssaft durch feine, in der Knorpelkapsel radiär verlaufende — intracapsuläre — Spalten in den von dieser umschlossenen pericellulären Raum. Es ist somit die Knorpelzelle von einer, wenn auch sehr dünnen Schichte des Ernährungsmaterials umgeben“.

Durch diese Ergebnisse erscheinen die Saftbahnen in der Grundsubstanz hinlänglich sicher gestellt. Wir werden später auf Einzelheiten in den Deutungen zurückkommen müssen, gegen die Art der Anordnung wie sie Arnold auffasst, lässt sich wohl kaum etwas einwenden; für die Ursache der negativen Resultate Gerlach's hat Arnold selbst genügende Erklärungen gegeben. Einige Bemerkungen möchte ich indessen hier einschalten. Die Mengen des Farbstoffes, welche nöthig werden,

---

[1] Virchow's Archiv. Bd. LXXIII. 1878. p. 125 ff. Sep. Abdr. p. 19.

um gute Bilder zu erlangen, sind so erheblich, dass die circulirenden Säfte als durch jene in ihrem chemischen Character ganz wesentlich alterirt aufgefasst werden müssen. Möglicherweise dürften diese Veränderungen auch auf die Gewebsbestandtheile, welche der Farbstoffablagerung dienen nicht ohne Einfluss bleiben; wie Arnold selbst gezeigt hat,[1] erfahren die Conturen der Endothelzellen zwischen welche sich ähnlich wie in der Grundsubstanz des Knorpels, nämlich in der verbindenden „Kittsubstanz", der Farbstoff niederschlägt, bei Reizzuständen wesentliche Veränderungen. Die Conturen der blauen Linien sind nicht glatt, vielmehr stark gezackt und entsenden feine und kurze Ausläufer gegen den Rand der Zellen, den man sich dem entsprechend gleichfalls gezackt vorstellen müsste; etwas Derartiges konnte aber Arnold selbst an isolirten Endothelzellen nicht constatiren. Die verschiedensten pathologischen Zustände bewirken nun aber in ganz analoger Weise Zerklüftungen, Auffaserungen u. s. f. des Knorpels, durch welche in diesem Bilder auftreten, die den sogenannten Saftkanälchen sehr nahe stehen. Unzweifelhaft hat ja Arnold etwas derartiges nicht vor sich gehabt; die von ihm untersuchten Knorpel entstammen normalen Thieren, ausser Kaninchen vor Allem Fröschen, also zumeist demjenigen Thiere, welches durch seine Widerstandsfähigkeit zu dem angedeuteten Einwand am wenigsten Anlass giebt; immerhin wäre nicht ganz auszuschliessen, dass die Veränderung des Gewebs-Saftes selbst als Reiz wirkte, der jene Bahnen erweiterte, ähnlich der Verbreiterung der Endothelgränzen.

Wie wir uns das Zustandekommen der Erweiterung vorzustellen hätten, darauf wird an anderer Stelle zurückzukommen sein. — Noch einen anderen Punkt dürfen wir nicht ausser Acht lassen. So sicher es steht, dass die körnigen Abscheidungen des Farbstoffes vorgeschriebenen Bahnen folgen, so ist

---

[1] Ueber die Kittsubstanz der Endothelien. Virchow's Archiv. Bd. 66. 1876. p. 77 ff.

ein zwingendes Argument dafür, dass die gelöste Ernährungsflüssigkeit den gleichen Weg einhalte, nicht erbracht. Wie später gezeigt werden wird, existiren in der Grundsubstanz des Knorpels Stellen von grösserer und geringerer Imbibitionsfähigkeit für Salzlösungen, deren Nachweis auf eine Anordnung führt, die nicht mit jener der durch den Farbstoff markirten Bahnen zusammenfällt; doch ist kaum anzunehmen, dass die Nährsäfte jenen Anordnungen folgen, da das Eindringen der Salzlösung, die uns die Ungleichartigkeit kenntlich macht, nicht auf im Leben vorhandenen Wegen, sondern in der Regel nur von künstlichen Schnittflächen aus erfolgt. Doch ist auch an einem lebenden Gewebe, das noch obendrein sehr evidente interfibrilläre und interlamelläre Spalträume besitzt, an der Hornhaut, nachgewiesen, dass Salzlösungen in diffuser Weise die Grundsubstanz durchdringen, abweichend von der Anordnung der Farbstoffniederschläge, die den Spalträumen folgt.[1] Wenn Lösungen von Ferrocyankalium in die vordere Augenkammer oder in den Glaskörper injicirt werden, so wird bei Behandlung der Hornhaut des frisch getödteten Thieres mit Eisenchloridlösung die Bildung von Berlinerblau in den von jener ersten Solution durchtränkten Stellen den Weg, den dieselbe genommen hat, nachweisen. Hiebei ergiebt sich diffuse Färbung der Grundsubstanz der Hornhaut mit Freibleiben der Hornhautkörperchen, entsprechend dem sogenannten negativen Silberbild, (dessen

---

[1] Vergl. darüber:

Leber. Zur Kenntniss der Imprägnationsmethoden der Hornhaut und ähnlicher Gewebe. Archiv f. Ophthalmologie. Bd. XIV. 1868. Abth. III. p. 300—316.

Krückow und Leber. Beiträge zur Kenntniss der Resorptionsverhältnisse der Hornhaut. Archiv d. Augenheilkunde. Bd. XX. 1874. Abth. II. p. 205—248.

Knies. Die Resorption von Blut in der vorderen Augenkammer. Virchow's Archiv. Bd. LXII. 1875. p. 537 ff.

Knies. Zur Lehre von den Flüssigkeits-Strömungen im lebendigen Auge und in den Geweben überhaupt. Virchow's Archiv. Bd. LXV. 1875. p. 401 ff.

Entstehung sich auf ähnliche Weise erklärt). Die Versuche von Knies selbst, geben uns indessen die nöthigen Anhaltspunkte, den wirklichen Weg der Nährflüssigkeit zu beurtheilen. Als Knies nämlich — nachdem Resorptions-Versuche am lebenden Thiere resultatlos geblieben waren — Einstichinjectionen der Hornhaut mit Stärke-Lösungen unter nachfolgender Controle des Weges der injicirten Flüssigkeit durch die Jodreaction vornahm, fand er sowohl die Grundsubstanz als die Hornhautkörperchen imbibirt; letztere ergaben aber entschieden stärkere Blaufärbung. Danach scheinen, wie er schliesst, die Hornhautkörperchen den Colloid-Substanzen gegenüber eine gewisse Anziehungskraft zu haben. Sehen wir von der Deutung ab,[1] so kann es uns jedenfalls genügen, die Thatsache zu constatiren, dass gelöste Körper von complicirter molekularer Zusammensetzung vorwiegend einer Bahn folgen, welche soweit unsere Kenntnisse reichen durch eine Substanz von vermuthlich geringerer Dichtigkeit vorgezeichnet ist. Noch mehr dürfte dies aber für die im Leben die Gewebe tränkenden Albumin-Lösungen gelten.

Wesentliche Frgänzungen zu den Resultaten der Infusionen am lebenden Thier liefern die Injectionsversuche. Während auch hier Gerlach, ausserdem u. a. Tizzoni negative Resultate erhielten, waren Hénoque und Budge im Stande, suspendirte Farbstoffe auf jenem Wege in das Innere des Knorpels zu bringen. Ausführlicher behandelt indessen diesen Gegenstand nur der letztgenannte Autor. Hénoque führte seine Injectionen in die Markhöhle aus; Budge verfuhr zunächst so, dass er Knorpelstücke vom Kalb nach Anlegung einer frischen

[1] Der Versuch kann nicht als ein ganz reiner angesehen werden. Die Stärkesolution kann vielleicht einen Theil der Substanz in gequollenem Zustand, einen anderen in wirklich molekularer Lösung enthalten; letzterer würde sich aber vermuthlich gleich einer Salzlösung verhalten. Vgl. darüber Nägeli. Theorie der Gährung. München 1879, p. 138 u. a. a. Stellen über die Löslichkeits-Verhältnisse der Kohlenhydrate.

Schnittfläche, letztere nach oben gekehrt, längere Zeit in ein Gummirohr eingebunden dem Drucke einer Flüssigkeits-Säule (sogenanntes lösliches Berliner-Blau) aussetzte. So erhielt er ein die Höhlen verbindendes Netzwerk blauer Linien; er glaubt indessen selbst, dass durch den langdauernden Druck etwa vorhandene Gänge eine Erweiterung erfahren mussten. Daraus, dass es ihm durch Einspritzung in periostale Lymphgefässe gelang, nahe der Ossificationszone Injectionsmasse in die Knorpelkapsel zu treiben,[1] schliesst er auf einen Zusammenhang der durch den andauernden Druck erweiterten Spalten mit Lymphgefässen. Weniger günstig fielen Budge's Versuche mit der Injection von in Benzol gelöstem Asphalt aus; zwar gelangte die Masse in die Knorpelhöhlen sowohl nach Einstich in die Sehnen-Ansätze von Schildkröten als in die synovialis jugendlicher Knorpel, aber nur in letzterem Fall findet er Punktreihen in der Grundsubstanz als Andeutung der Saftbahnen.

Ein Blick auf die Abbildung Fig. I. der letzten Publication Budge's über diesen Punkt dürfte zeigen, dass jene kaum als beweisend für die Existenz von Saftkanälchen angeführt werden kann, dass dieselbe insbesondere nicht mit den von dem Autor selbst zugleich dargestellten, in demselben Sinne gedeuteten Bildern soweit übereinstimmt, um als optischer Ausdruck des gleichen Structur-Verhältnisses gelten zu dürfen. Budge er-

---

[1] Ohne Budge's Aufsatz zu kennen war ich selbst auf anderem Wege zur Injection der Knorpelhöhlen der Ossificationszone gelangt. (vgl. Sitzungsberichte der phys. med. Gesellschaft zu Würzburg für das Jahr 1876/77 p. XII.) Die Injection war von der Markhöhle aus erfolgt, nachdem an Praeparaten von jungen Kätzchen, die sonst keine Extravasate boten, ein Theil des von der Aorta aus injicirten Farbstoffes in das Markgewebe diffundirt war. Indem ich mir vorbehalte, bei einem anderen Anlass darauf zurückzukommen, will ich hier nur erwähnen, dass es mir nur gelungen ist, die Injectionsmasse zu denjenigen Höhlen zu verfolgen, deren gegen die Markhöhle gekehrte Scheidewände bereits resorbirt waren. Dass es sich dabei nicht um Saftkanälchen im gewöhnlichen Sinn handeln kann, findet sich an der genannten Stelle erwähnt.

achtete auch erst dadurch den Beweis für die Existenz des Canalsystemes als unzweifelhaft erbracht, wenn es möglich war, es als selbstständiges Röhrensystem zu isoliren. Dies glaubt er erzielt zu haben durch Maceration von Knorpelschnitten in starken Chromsäurelösungen.[1]

So werden wir indessen zu den Ergebnissen der Behandlung des Knorpels mit stärker eingreifenden Reagentien geführt, auf welche wir noch zurückkommen müssen. Dort wird auch anzugeben sein, wesshalb die von Budge auf jenem Weg erzielten Bilder nicht als beweisend für die Existenz praeformirter, mit eigener Wand versehener Kanälchen gelten können.

Die Zusammenstellung dessen, was aus den oben angedeuteten Methoden bisher über die Saftbahnen im hyalinen Knorpel ermittelt werden konnte, musste eine weitere Ausdehnung annehmen, als vielleicht dem Umfange dieser Arbeit zu entsprechen scheinen könnte. Die Resultate derselben geben indessen erst die Grundlage, welche eine Kritik der auf mikrochemischem Wege zu ermittelnden Structurerscheinungen im hyalinen Knorpel gestatten. Vielleicht dürfte zudem auch der Versuch, einige bisher in dieser Richtung noch nicht herangezogene Vorkommnisse zu verwerthen, unsere Weitschweifigkeit rechtfertigen. Als feststehend können wir erachten:

I. Die Grundsubstanz des hyalinen Knorpels ist durchgängig nicht nur für Lösungen selbst complicirt zusammengesetzter Stoffe sondern auch für fein zertheilte feste Körper.

II. Die lebende Grundsubstanz kann sowohl in diffuser Weise imbibirt (Ochronose, Virchow) als auch von crystallinischen (arthritis uratica) oder feinkörnigen Einlagerungen (zu

[1] Die genaue Stärke ist aus Budge's Angaben nicht zu entnehmen (2 Theile concentrirte Lösung auf 1 Theil Wasser). Verdünnte Lösungen hat schon früher Hénocque, starke (10 %) Sokolow, 5 % Lösungen von doppelt chromsaurem Ammoniak Nykamp zur Verdeutlichung der Saftkanälchen angewandt.

welchen neben anderen die Indigo-Ausscheidungen zu zählen sind) durchsetzt werden.

III. Die im Leben stattfindenden Abscheidungen erfolgen im Anschlusse an gegebene Structuren der Grundsubstanz. Den Knorpel imbibirende Lösungen crystallinischer Substanzen brauchen nicht nothwendig die gleichen Bahnen einzuhalten.[1]

In diesen Sätzen ist absichtlich nichts von Saftkanälchen erwähnt. Wenn wir die Abscheidungen entsprechend der die Fibrillen verklebenden Kittsubstanz erfolgen sehen, so beweist uns dies nicht, dass dort Spalten, sondern höchstens, dass dort eine weniger dichte Substanz vorhanden sein muss. Die Substanz der Kittleisten zwischen Endothelien oder Epithelien als Ausdruck eines zwischen den Zellen befindlichen Kanalsystemes ansehen zu wollen, wird wohl von keiner Seite beabsichtigt, so wenig man nach den Untersuchungen von Arnold, Thoma und deren Schülern an den directen Beziehungen jener zu den sogenannten Saftkanälchen des Bindegewebes und mittelst der Letzteren zu den Lymphgefässen zweifeln darf.[2]

---

[1] Nur so dürfte sich überhaupt die diffuse Imbibition des Knorpels mit Pigmenten erklären; dass post mortem die Imbibition sich in der Regel ganz unabhängig von den für die Niederschläge in Betracht kommenden Structuren zeigt, wurde bereits erwähnt und soll im II. Theil dieser Arbeit ausführlich behandelt werden.

[2] Die Schwierigkeit der Annahme eines solchen Connexes zwischen der zähweichen Kittsubstanz einerseits, dem dünnflüssigen Inhalte der Lymphgefässe andererseits, hebt sich, sobald man die von Nägeli (Theorie der Gährung. München 1879. Anmerkung betreffend die Molekularvereinigungen p. 153) gegebenen Deductionen berücksichtigt. Nägeli unterscheidet gelöste und ungelöste plasmatische Substanzen als Hygroplasma und Stereoplasma. Erstere können in Folge der grossen Neigung ihrer Moleculgruppen — Micelle — sich zu Micellarverbänden zu vereinigen, in die andere Form übergehen. Lösungen, welche solche Verbände in geringeren Grössenverhältnissen enthalten, ändern ihren Charakter nicht wesentlich, werden bloss mehr schleimig, opalisirend, weniger zur Diosmose geneigt. Durch Vergrösserung der Verbände geht das Hygroplasma in Stereoplasma über. Der Uebergang erfolgt so allmälig, dass es zuweilen ganz willkürlich wird, ob man den einen oder anderen Zustand annehmen will u. s. f.

Die Frage nach der Beschaffenheit der die Einlagerungen aufnehmenden Substanz, ob sie eine mehr dünnflüssige oder zähweiche Beschaffenheit habe, ist danach anscheinend von untergeordneter Bedeutung. Arnold lässt dieselbe unentschieden. Die bisher angeführten Thatsachen sind mit beiden Auffassungen wohl zu vereinigen. Nun sprechen aber eine Reihe von Erfahrungen, deren kritische Erörterung uns später beschäftigen wird, dafür, dass ein Theil der Grundsubstanz, und zwar gerade der bei der Fortleitung des Farbstoffes hauptsächlich mitwirkende in näherer Beziehung zu der Substanz der Zelle selbst stehe, vielleicht ihr selbst angehöre. Hierdurch wird alsbald die Frage nach der Natur der betreffenden Materie eine morphologisch im höchsten Grade wichtige. Von den bisher besprochenen Thatsachen ist nur eine, welche im Sinne einer Continuität der Kittsubstanz mit dem Inhalte der Knorpelhöhle verwerthet werden könnte; auch diese ist von ihrem Entdecker, Arnold, nur als höchst wahrscheinlich, nicht als absolut erwiesen hingestellt; es ist die Beobachtung des Ueberganges der durch Indigoabscheidung entstandenen blauen radiären Linien der Knorpelkapsel in das pericellulär gelegene Fadennetz einerseits [1], in die Niederschläge in der Intercellularsubstanz andererseits. Diese Frage ist untrennbar von der Entscheidung über die Existenz einer sogenannten pericellulären Substanz zwischen Zellenkörper und der Wand der Knorpelhöhle, wie sie Neumann [2] angenommen hat. Arnold ist der Ansicht, dass die

---

[1] Die Abscheidung des indigschwefelsauren Natrons im Knorpelgewebe. Sep. Abdr. p. 11. p. 12.

[2] Bemerkungen über das Knorpelgewebe und den Ossificationsprocess. Archiv d. Heilkunde 1870. XI. Bd. p. 414 ff. — Schon vorher hat übrigens W. Henke Genealogisches über Knorpel-Elemente. Zeitschrift für rat. Medicin III. R. Bd. XVIII. p. 61. 1863. entsprechende Beobachtungen mitgetheilt. Gegen die Aufstellung der pericellulären Substanz ist u. a. von Brunn aufgetreten; er wendet sich gegen ein Haupt-Argument Neumann's — dass nämlich die Knorpelzelle trotz des sie umgebenden Raumes innerhalb der Kapsel nicht ballotirt — indem er die an sich

„pericellulären“ Farbstoffabscheidungen auf die Existenz eines zwischen Zelle und Kapsel befindlichen, mit flüssiger oder zähweicher Masse gefüllten Raumes hinweisen. Klebs und Genzmer beschreiben eine homogene periphere Schicht („Randschicht“ Klebs) des Zellkörpers. Solche homogene Randschichten als Bestandtheil der Zellsubstanz selbst finden sich auch an anderen Orten, dort oft als Zellmembranen gedeutet in Folge ihres von dem körnigen Theile des Zellinhaltes wesentlich differirenden Aussehens.[1] Durch Einwirkung mancher Reagentien tritt die Randschicht deutlicher hervor; z. B. an Leberzellen vom Hund bei Einwirkung von Osmiumsäure oder noch besser Gemischen von Salzsäure und Osmiumsäure. Ihre Bedeutung im hyalinen Knorpel wird uns an anderer Stelle ausführlich beschäftigen.

Durch die Behandlung der Grundsubstanz des hyalinen Knorpels nach verschiedenartigen, theils 'chemisch, theils me-

---

richtige Beobachtung aus dem Vorhandensein feiner fadenförmiger Verbindungen zwischen Zellkörper und Kapsel erklärt. (Beiträge zur Ossificationslehre. Müller's Archiv 1874 p. 1 ff.) Sehr eigenthümlich stellt sich Ranvier die Fixirung der Knorpelzelle in der Kapsel vor (Traité technique d'histologie p. 277) „Il faut donc admettre, qu'à l'état normal la cellule ne remplit toute la cavité que par suite d'un vide virtuel, analogue à celui qui maintient le poumon appliqué sur la plèvre pariétale. Cette cellule aurait une tendance naturelle à se rétracter et à abandonner une partie du liquide, qui l'imbibe, dès qu'elle est soumise à la pression atmosphérique“. Er stützt diese, physikalisch mindestens ungreifbare Auffassung auf die Beobachtung, dass an dem gleichen Schnitt die uneröffneten Höhlen von ihrem Inhalt erfüllt sind, während angeschnittene Höhlen geschrumpfte Zellen, auch wohl eine eingeschlüpfte Luftblase enthalten.

[1] Beide Substanzen entsprechen den von Nägeli (Theorie der Gährung. München 1879) als Hyaloplasma und Polioplasma, von Kupffer (Ueber Differenzirung des Protoplasma an den Zellen thierischer Gewebe. Schriften des naturwissenschaftl. Vereins f. Schleswig-Holstein. Kiel 1875. Heft 3. p. 219 ff.) als Paraplasma und Protoplasma bezeichneten. Wenn auch beide genannten Autoren mit ihren Benennungen nicht genau die gleiche Beschreibung verbinden, so haben sie doch in der Sache das Gleiche vor Augen.

chanisch eingreifenden Methoden können wir eine Reihe von Zeichnungen in ihr hervorrufen, welche auch nicht andeutungsweise am frischen Praeparate zu sehen sind. Manche der so erzeugten Bilder wurden von deren Entdeckern und Untersuchern als Belege für die Existenz von Saftkanälchen vorgebracht, andere sollten den Aufbau der Grundsubstanz aus ihren Bestandtheilen, aus Fibrillen mit einer verbindenden Kittsubstanz klar stellen, wieder andere führten auf eine concentrische Schichtung der Grundsubstanz um die Zellen u. s. f. Für unsere Betrachtungen hat nur die Gruppe der mit der Saftkanälchenfrage in Zusammenhang gebrachten Bilder ein besonderes Interesse. Hinsichtlich der den fibrillären Aufbau und die concentrischen Schichtungen des Knorpels illustrirenden Praeparationen können wir uns um so leichter kurz fassen, als über deren Deutung nach keiner Richtung wesentliche Differenzen bestehen. Hinsichtlich einiger von Thin,[1] namentlich auf Grund längerer Macerationen angenommener Structur - Elemente fehlen mir eigene Erfahrungen, doch kann die Beantwortung der für unsere Untersuchungen massgebenden Fragen nicht wesentlich von jenen beeinflusst werden. So kurz die Zeit ist, seit die Saftkanälchenfrage zuerst auf Grund eines Theiles der hier zu erörternden Praeparationen auch am Knorpel discutirt wird, so ist durch die ausserordentliche Mannigfaltigkeit der nach verschiedenen Methoden zu Stande kommenden Bilder bereits eine Reihe, zum Theil sich direct widersprechender Ansichten zu Tage getreten. So glaubten Belege für die Existenz von Saftkanälchen jeweils in einer oder der anderen Knorpelart erhalten zu haben, (wobei mir immer noch diese oder jene Methode entgangen sein könnte) durch Behandlung mit:

Silbernitrat: Heitzmann, Loewe, Petrone, Thin.

Goldchlorid: Heitzmann, Ewetzky, Petrone.

---

[1] On the Structure of Hyaline Cartilage; Quarterly Journal of microscopical Science. Vol. XII. New Ser. 1876 p. 1—23.

Ueberosmiumsäure: Bubnoff, Hertwig.

Chromsäure: Hénocque, Budge.

Eisessig: Budge.

Doppelt chromsaures Ammoniak: Nykamp.

Schwefelkohlenstoff: Hénocque.

Alcohol und Aether: Budge.

Nelkenoel (nach vorangegangener Tinction) M. Fürbringer.

Eindringende Luft durch langsames Eintrocknen: Budge.[1]

Ausserdem muss noch erwähnt werden, dass Carter[2] an dem Knorpelüberzug menschlicher Handwurzelknochen bei einfacher Carminfärbung von den Knorpellacunen ausgehende, zuweilen Fett führende, Liniensysteme — gleich den von Bubnoff aus Osmiumpraeparaten abgebildeten — gesehen und als Saftkanälchen beschrieben hat, ohne Metallniederschläge u. s. f. angewandt zu haben.

Die sämmtlichen hier angeführten Autoren mit Ausnahme von Fürbringer, dessen Angaben sich auf den Kopfknorpel der Cephalopoden beziehen, untersuchten theils normale Knorpel erwachsener Wirbelthiere, theils auch embryonalen Knorpel. An letzterem bedarf es, wie sich später ergeben wird, nicht jener eingreifenden Methoden, um einen Theil der in Betracht kommenden Zeichnungen zu sehen; am entzündeten Knorpel sowie bei den senilen Veränderungen desselben treten manche derselben ohne jedes Reagens hervor.

Das Auftreten jener Zeichnungen hängt von mancherlei Einflüssen ab, die wir vorläufig noch nicht beherrschen. Die gleiche Methode an verschiedenem Material, das gleiche Object bei anderer Behandlungsweise liefern oft die scheinbar hetero-

---

[1] Dahin gehört auch Hénocque's Versuch der Betrachtung von Knorpelschnitten an Praeparaten, in welchen eine Luftblase sich zwischen dem Schnitt und dem Deckglas befand.

[2] On the distal communication of the blood vessels with the lymphatics and on a diaplasmatic system of vessels. The journal of anatomy and physiology 1870 p. 97 ff. Anm. p. 116.

gensten Bilder; auch kommt es leicht vor, dass dasselbe Mittel an demselben Object gebraucht, uns aus unbekannten Gründen im Stiche lässt.[1] Das Studium aller in Betracht kommenden Praeparate bedarf endlich starker, zuweilen fast an die Grenze der Leistungsfähigkeit unserer Instrumente reichender Vergrösserungen. Alle diese Gründe erklären, wenn viele der Bearbeiter entweder zu ganz negativen Resultaten gelangten oder die von anderen beschriebenen Bilder ohne weiteres als Kunstproducte verwarfen, während wiederum andere die Existenz und naturgemässe Entstehung der betreffenden Bilder kennen, ohne sie indessen mit den Ernährungswegen im Knorpel in Beziehung zu bringen. Wir nennen hier von Autoren, die sich aus einem dieser Gründe gegen die Annahme von Saftbahnen aussprechen[2] (unter Beifügung der von ihnen angewandten Reagentien): Tizzoni (verschiedene Methoden u. a. Silbernitrat) Colomiatti (Goldchlorid, Silbernitrat)[3] Genzmer (Silbernitrat) Sokolow (u. a. Ueberosmiumsäure; Chromsäure 10 %) L. Gerlach (Ueberosmiumsäure) G. Retzius[4] (Goldchlorid, Ueberosmium-

---

[1] Es sei mir indessen hier die Bemerkung erlaubt, dass manche Autoren bei Nachuntersuchungen die genaue Befolgung der in der zu prüfenden Untersuchung vorgeschriebenen Methoden in etwas freier Weise auffassen. Es fiel mir namentlich auf, doch habe ich leider versäumt, Beispiele zu notiren, dass die Controversen über, mittelst der Silberbehandlung gewonnene Resultate, oft auf Anwendung ganz verschiedener Concentrationen der betreffenden Lösung fussen; dass ferner von mancher Seite z. B. die Heitzmann'schen Silberbilder als auf Oberflächen-Niederschlägen beruhend, verworfen werden, während H. in der Regel die oberflächliche Schicht der durch Bestreichen mit dem Höllensteinstift gewonnenen Praeparate gar nicht benutzt u. s. f.

[2] Von neueren Handbüchern haben die Frage nicht berührt die Werke von Frey (1874), Krause (1876), Cadiat (1878).

[3] Colomiatti's Angaben bestätigen Waldeyer und Alexander (Jahresbericht über die ges. Med. herausg. v. Virchow und Hirsch 1874. I. Bd. I. Abth.) auf Grund eigener Untersuchungen.

[4] Retzius hat übrigens im Gegensatz zu seinen negativen Resultaten am hyalinen Knorpel, an solchem mit faseriger Grundsubstanz, Zellen mit oft sehr langen Ausläufern gesehen, von welchen er indessen nicht weiss, ob sie mit einander anastomosiren.

säure) Brückner (Ueberosmiumsäure, Silber-Nitrat, Goldchlorid) Toldt (Methode nicht angegeben)[1] Ranvier (Ueberosmiumsäure).[2]

Es darf im Uebrigen nicht unerwähnt gelassen werden, dass die Zeichnungen, um welche es sich handelt, auch schon vor den Arbeiten von Bubnoff, Heitzmann, zu einer Zeit also, in welcher von Saftkanälchen im Knorpel überhaupt noch nicht die Rede war, gesehen und abgebildet worden sind, so von Heidenhain und von Broder.[3]

Die Existenz der betreffenden Bilder darf, nachdem dieselben von so vielen Seiten dargestellt und beschrieben sind, nicht auf Grund einiger negativen Befunde in Zweifel gezogen werden. Es muss aber auch entschieden die Berechtigung der Auffassung bestritten werden, welche dieselben, namentlich die auf Silber- und Gold-Behandlung beruhenden, ohne weiters als Kunstproducte verwirft. Es muss eingestanden werden, dass es sich bei einem grossen Theil jener Bilder um Zerklüftungen, Spaltbildungen u. s. w. handelt. Dieselben erfolgen aber in so regelmässiger Anordnung, dass an ein zufälliges Auseinanderfallen, wie das einer zerschlagenen amorphen Masse nicht zu denken ist. Die Zerklüftung geschieht in bestimmten Fällen nach denselben Richtungen, welche der sich im Leben abscheidende Farbstoff einhält. Vor allem aber sehen wir ganz gleichartige Spaltbildungen im Leben bei entzündlichen, oder selbst einfach senilen Veränderungen des Knorpels. So hat erst

[1] Lehrbuch der Gewebelehre. Stuttgart 1874. p. 143.

[2] Traité technique d'histologie p. 289. Anmerkung.

[3] Heidenhain. Zur Kenntniss des hyalinen Knorpels. Studien des physiolog. Institutes zu Breslau. II. Heft p. 1 ff. 1863. — Fig. III. (Frosch ?)

Broder. Ein Beitrag zur Histologie des hyalinen Knorpels. Diss. Zürich 1865. — Fig. IV. (Kalb). VIII. (Cartil. thyreoid vom Schwein). Beide benützten als Macerationsmittel Mischungen von chlorsaurem Kali und Salpetersäure, Broder mit nachträglicher Fuchsintinction.

neuerdings Weichselbaum [1] senile Zerklüftungen des Knorpels abgebildet, in einer Weise die einen Unterschied von Bubnoff-schen oder Budge'schen Liniensystemen nicht wahrnehmen lässt. Ebenso erwähnt Ewetzky [2] in der atrophischen und der Vacuolen-Zone, namentlich durch längere Zeit gereizter Knorpel, jene Linien (die er übrigens auch dem normalen Knorpel zuerkennt). Haab [3] findet die Knorpelgrundsubstanz nicht gleichmässig hyalin, sondern von Fasern durchsetzt, die meist 2—3 Knorpelzellen mit einander verbinden, den Knorpel nach allen Richtungen durchziehend; die Zellen seien gewissermassen in deren Verlauf eingeschaltet u. s. f. Die ganze Beschreibung zeigt, dass Haab den Bubnoff'schen Linien entsprechende Bilder vor sich gehabt hat und zwar ohne Anwendung eingreifender Agentien. Man sollte annehmen, wenn man, auch ohne Anwendung der Mittel, welche am normalen Knorpel die betreffenden Zeichnungen hervortreten lassen, letztere an krankhaft veränderten Knorpeln als deutlich vorhanden nachweisen kann, dass man sie als auf durch die Structur der betreffenden Substanz vorgeschriebenen Verhältnissen beruhend ansehen müsse. Ueber die Deutung der betreffenden Linien, ob sie den Ausdruck von Spalten, feinen Kanälchen, Fasern u. s. f. darstellen, wird man discutiren können, da unsere optischen Mittel nicht gestatten, dies durch directe Beobachtung zu entscheiden. Der Zusammenhang ihrer charakteristischen Anordnung mit Structurverhältnissen der Grundsubstanz ist dagegen nicht zu bezweifeln. — Einen anderen Einwand bildet die Behauptung, dass es sich bei vielen jener Bilder um oberflächliche Nieder-

---

[1] Die senilen Veränderungen der Gelenke und deren Zusammenhang mit der Arthritis deformans (Sitzungsberichte der Academie d. W. in Wien. LXXV. Bd. III. Abthl. p. 193—243.

[2] Entzündungsversuche am Knorpel. Untersuchungen aus d. path. anat. Inst. zu Zürich. III. Heft. 1875. p. 9.

[3] Zur Kenntniss der syphilitischen Epiphysen-Ablösung. Virchow's Archiv 1875. Bd. LXV. p. 366 ff.

schläge auf den Schnittflächen handle. Gewiss können solche Ablagerungen z. B. reducirten Silbers Liniensysteme von einer gewissen Regelmässigkeit, gleich Zellconturen u. s. f. vortäuschen.[1] Hinsichtlich der von uns zu durchmusternden Bilder können wir diesen Einwand von vornherein dadurch ausschliessen, dass dieselben überwiegend nicht durch Imbibition der einzelnen Schnitte gewonnen sind. Die Schnitte wurden angefertigt aus Knorpelstücken, die in toto imbibirt waren (sei es durch Bestreichen der Oberfläche mit Höllensteinstiften, sei es durch Einlegen ganzer Gelenkenden in Silber-Nitrat-Lösungen). Es lässt sich übrigens auch nachweisen, dass selbst manche der auf Oberflächen sich bildenden Niederschläge nicht ohne Anschluss an den Aufbau der zu Grunde liegenden Gebilde erfolgen, dass ferner Methoden, welche gar nicht zur Bildung von Niederschlägen führen die gleichen Bilder liefern und so eine natürliche Controle geben können. Hinsichtlich des ersten Punktes habe ich namentlich die Angriffe von Tillmanns gegen die Anwendung der Silbermethode für das Studium der Gelenkflächen im Auge.[2] Wenn auch die Fragen, welche hier in Betracht kommen, nicht auf Grund der von Tillmanns bestrittenen Silberpraeparate entschieden werden können, so ist doch in den von uns benutzten Praeparaten die sogenannte keratoide Silberzeichnung der Knorpeloberfläche sehr häufig zur Anschauung gekommen (vergl. Tafel V. Fig. 2); ja es musste die Frage des Verhältnisses der im Innern des Knorpels

[1] Hierüber vergl. Hartmann. Ueber die durch den Gebrauch der Höllensteinlösung künstlich dargestellten Lymphgefässanfänge, Saftkanälchen und epithelähnlichen Bildungen. Archiv f. Anatomie 1864. p. 235 ff. — Andere mehr hinsichtlich der Deutungen der durch die Silbermethode gewonnenen Praeparate von der gewöhnlichen Darstellung abweichende Auffassungen betreffs der Endothelbilder (Auerbach, Adler u. a.) kommen hier nicht in Betracht.

[2] Virchow's Archiv. Bd. LXVII. 1876. p. 398 ff. Untersuchungen über die Unzuverlässigkeit der Versilberungsmethode für die Histologie der Gelenke.

entstehenden zu den an der Oberfläche gebildeten Figuren in Erwägung gezogen werden, um so mehr, als ja manche dafür halten, dass die Ernährung des Gelenkknorpels theilweise von der freien Fläche aus erfolgen könne.[1] Die Lösung dieser Frage ist mir nicht mit Sicherheit gelungen; es wurde aber festgestellt, dass keratoide Bilder der Knorpeloberfläche auch dann entstehen können, wenn durch sorgfältiges vorheriges Abspülen mit destillirtem oder Brunnen-Wasser die Synovia beseitigt und damit die Bildung eines Silberalbuminathäutchen's aus der Synovia ausgeschlossen war; es zeigte sich ferner, dass an solchen Praeparaten, die die keratoide Zeichnung darboten, auch die tieferen Schnitte des Knorpels noch mit dem Silbersalz imbibirt waren. Man sollte annehmen, dass der gebildete Silberalbuminat-Niederschlag genügt hätte, das weitere Eindringen des Silbers zu hemmen, da das Praeparat nur momentan (durch Bestreichen mit dem Höllensteinstift) mit dem Salz in Berührung kam. In jeder weiteren Lücke der braun gefärbten oberflächlichen Schicht war an guten Präparaten eine runde körnige Masse, dem Ansehen nach einer geschrumpften Zelle entsprechend, enthalten, während breite spaltförmige Ausläufer zackige Zweige in den Grund entsandten. Die zellenartigen Massen lagen stellenweise zu mehreren in einer weiten ungefärbten Lücke des dunkelbraun gefärbten Präparates.

Tillmanns erklärt dies Bild, zunächst für die Synovialhäute und von da aus auf den Knorpel rückschliessend, damit, dass wahrscheinlich die prominirenden Kerne der Unterlage an den Silberhäutchen Lücken erzeugen, von welchen ausgehende Spaltbildungen die keratoide Zeichnung zur Entstehung bringen. Warum sich gerade über den Zellen das Silberalbuminathäutchen nicht bilden soll ist, glaube ich, durch das Vorragen der Kerne nicht genügend erklärt. Sehr erheblich können die Kerne oder

[1] Vgl. u. a. Cornil et Ranvier, manuel d'histologie pathologique. Paris. 1869. p. 401.

Zellen nicht über die Knorpeloberfläche hervorragen, wie daraus hervorgeht, dass sie mit den Rändern der Spalten auch ohne Veränderung der Einstellung des Mikroskopes gleichzeitig scharf zu sehen sind. Dazu kommt, dass, wie Weichselbaum[1] u. a. mittelst anderer Methoden ergänzend nachweisen, gerade an den Stellen, wo das keratoide Bild auftritt, mit Ausläufern versehene Zellen liegen (welche nach Weichselbaum die Aufgabe haben, Ersatz für durch Reibung zu Grunde gegangene Knorpelzellen zu liefern). Ich glaube, im Ganzen Weichselbaum beistimmen zu müssen, dass das keratoide Bild ein negatives Silberbild, jenen Zellen entsprechend, darstellt. Durch den Einfluss des Reagens erscheinen — wie auch für die negativen Bilder der Hornhaut dargethan ist, die ursprünglichen Zellenformen durch Retraction der Zellen wie der Grundsubstanz erloschen, die Lücken erweitert. Wir werden auch weiterhin die durch den Contakt mit dem Salze hervortretende Schrumpfung zu erwähnen haben. Dass aber in der That diese Auffassung richtig ist, bestätigt auch die Anordnung der Lücken in unserer Zeichnung, die in ganz ähnlicher Weise wie dies Weichselbaum hinsichtlich jener Zellen gezeigt hat in Gruppen beisammen liegen. Noch möchte ich endlich auf die Anordnung der Ausläufer der zellhaltigen Lücken hinweisen, die nicht sehr mit Zerklüftungslinien übereinstimmt, welche letztere man wohl mehr geradlinig von Lücke zu Lücke verlaufend erwarten würde. Danach glaube ich auch einen Theil der keratoiden Bilder[2] als auf dem Aufbau der Unterlage begründet, aus der Reihe der „Kunstproducte“ streichen zu dürfen. Insofern die mannigfaltigen nunmehr zu besprechenden Bilder wesentlich solche Einzelheiten betreffen, die fast nur durch Anwendung

---

[1] Die senilen Veränderungen der Gelenke u. s. f. Wiener Sitzungsber. Band LXXV, III. Abthlg. p. 193—243.

[2] Denn dass Täuschungen sehr leicht in der von Tillmanns beschriebenen Weise zu Stande kommen können, davon habe ich mich zu überzeugen Gelegenheit gehabt.

von Agentien sichtbar werden, welchen eine sehr bedeutende chemische oder mechanische Einwirkung auf die organisirten Stoffe zukommt, werden wir uns allerdings streng genommen mit „Kunstproducten“ zu befassen haben. Erst dann lassen sich auf das Studium der Letzteren sichere Schlüsse über den Bau der Grundsubstanz aufbauen, wenn es gelingt nachzuweisen, dass in der That jene Zeichnungen, mögen sie als Zerklüftungslinien, als der Ausdruck von Fasern, oder als der Ausdruck hinsichtlich ihrer Dichtigkeit von ihrer Umgebung abweichender Bestandtheile angesehen werden, von praeexistirenden Verhältnissen abhängen. Diesen Beweis wird uns in erster Linie der Vergleich mit der Anordnung der im Leben zu Stande kommenden Farbstoffabscheidungen liefern. Dann aber wird uns wesentlich unterstützen die Controle der auf einem Wege gewonnenen Bilder, theils durch die Ergebnisse des gleichen Verfahrens an anderen Objecten, theils durch die Behandlung desselben Objectes nach verschiedenen Methoden.

Die Objecte, über welche sich die nachstehend mitgetheilten Untersuchungen erstrecken, waren: Kopfknorpel von Octopus vulgaris (Spirituspräparate, die mir Dr. Wiedersheim, jetzt Professor in Freiburg, freundlichst überlassen hatte) Gelenkknorpel (meist der Kopf des Oberschenkels) vom Frosch, Intervertebral-Knorpel von Triton taeniatus, Gelenkknorpel von Säugethieren (meist des femur von Kaninchen, Meerschweinchen, Ratten, Hunden, Katzen); Rippenknorpel vom Menschen, Knorpel von menschlichen Embryonen und von jungen Katzen. Die angewandten Methoden auf deren Einzelheiten ich bei Gelegenheit der einzelnen untersuchten Objecte zurückkommen werde, waren:

1) Behandlung mit Silber-Nitrat nach Heitzmann (Bestreichen der Gelenkflächen mit Höllenstein in Substanz).

2) Einlegen grösserer Knorpelstücke in Silbernitratlösungen ($^1/_5$—$^1/_{10}$—$^1/_{20}$ %; der Gehalt der Lösung wurde meist nicht genauer bestimmt.) Die Schnitte wurden hierbei ebenso wie

bei den mit Goldchlorid behandelten Objecten erst nach eingetretener Reduction durch das Licht (in destillirtem Wasser) anfertigt und zuweilen nachträglich mit Carmin gefärbt.

3) Behandlung feiner Schnitte mit Silbernitrat-Lösung ($^1/_5$—$^1/_{10}$—$^1/_{20}$ %); Reduction in destillirtem Wasser.

4) Behandlung mit Goldchlorid (($^1/_4$—$^1/_2$—1 % Lösung) mit nachträglicher Reduction in schwach (mit Essigsäure) angesäuertem Wasser. Auch mit diesem Salze wurden meist grössere Stücke Knorpel impraegnirt und letztere erst nach erfolgter Reduction in Schnitte zerlegt.

5) Färbung mit Ueber-Osmiumsäure ($^1/_{10}$—1 %),

6) Färbung mit Jodlösungen.

7) Behandlung mit Nelkenöl nach vorheriger Färbung mit Hämatoxylin, Eosin, Methylgrün u. s. f. („Fürbringers" Methode.)[1]

Ausserdem kamen selbstverständlich die gebräuchlichen Färbungsmethoden nach Umständen combinirt mit einer der vorgenannten Imprägnationen zur Anwendung. Die Untersuchung im polarisirten Licht gab keine brauchbaren Resultate.

Die nachstehende Zusammenstellung der Ergebnisse der von uns vorgenommenen Untersuchungen kann nicht auf Vollständigkeit Anspruch machen. Insbesondere wurden sehr viele Einzelheiten, die ausser Zusammenhang mit den speciell ins Auge gefassten Fragen zu stehen schienen, vernachlässigt; ich behalte mir vor, derartige Einzelheiten bei anderen Anlässen nachzutragen.

A. UNTERSUCHUNGEN AM KOPFKNORPEL DER CEPHALOPODEN.

Das mir zu Gebote stehende Material waren ausschliesslich Spirituspräparate von Octopus vulgaris. Es konnte daher die Silbermethode nicht zur Anwendung kommen; einige Versuche

[1] Morphologisches Jahrbuch. III. Bd. p. 455 ff. Ueber das Gewebe des Kopfknorpels der Cephalopoden.

misslangen vollständig. Um das Verhalten der Zellausläufer zu der Grundsubstanz zu ermitteln, wurden Schnitte aus verschiedenen Stellen des Kopfknorpels in schwache Jod-jodkali-Lösungen oder auch verdünnte Jodtinctur eingelegt. Der Zellkörper zeigte sich an den so behandelten Präparaten als ziemlich feinkörnige Masse, in deren Innerem nicht immer ein mehr homogener Kern zu sehen war. Fast nirgends füllte der Inhalt die Kapsel vollständig aus; vielmehr sind die durch Jodlösung braun gefärbten Protoplasmakörper meist von einem lichten Saum umgeben. Vielfach liegt die Zelle excentrisch an einer Seite der Höhle, wo es sich um zwei, nur durch eine dünne Scheidewand getrennte Höhlen handelt, an der von der Scheidewand abgekehrten Seite. Die protoplasmatischen Zellenausläufer durchsetzen frei den Zellen-Raum, in die ihnen entsprechenden Spalten der Grundsubstanz eindringend, von der letzteren sich deutlich durch ihre dunklere Jodfärbung abhebend. Wo nur nach einer Richtung hin Ausläufer von der Zelle abgehen, liegt die letztere an der entsprechenden Seite der Höhle; wo jene nach allen Seiten hin ausstrahlen ist die Zelle in der Mitte der Höhle fixirt, durch die Ausläufer in ihrer Lage befestigt.[1] Zuweilen liegt auch in solchen Höhlen die Zelle excentrisch; dann beobachtet man, dass auf der Seite, an welcher die Zelle nicht anliegt, die Ausläufer nicht mehr mit ihr zusammenhängen. Alles das zeigt uns, dass die Existenz des hellen Raumes durch Schrumpfung des Protoplasma bedingt ist, dessen Retraction die Zelle nach der Seite, an welcher die Ausläufer in ihren Kanälen befestigt sind, hinzieht. Eine pericellulare Substanz (Neumann) anzunehmen ist hier schon desshalb überflüssig, weil diese Erscheinungen am frischen Präparat fehlen, weil ferner

---

[1] Also genau wie dies v. Brunn für die Befestigung der Knorpelzellen gegen Neumann annimmt (Archiv für Anatomie 1874. p. 1 ff.) nur sind hier die befestigenden Fasern schon mit schwachen Vergrösserungen zu sehen.

ausnahmsweise auch am Spirituspräparat der Zellkörper den Hohlraum ausfüllt. Durch die Jodbehandlung werden vielfach feine Nebenzweige der Ausläufer sichtbar, die vorher nicht zu existiren schienen; die letzten Enden der Verästelungen, feiner und feiner werdend, präsentiren sich nicht mehr körnig, sondern mehr homogen, und scheinen sich ganz allmälig in die Grundsubstanz zu verlieren, ähnlich wie dies Max Schultze[1] u. A., von einem Theil der Zellausläufer in der Gallertscheibe der Medusen erwähnt haben. Manchmal sind die Ausläufer fast so breit wie die Zellkörper, so dass die Zelle bandartig verlängert erscheint; zuweilen verbreitert sich einer derselben zu einer sternförmigen Platte, von der aus feine Strahlen in die Grundsubstanz eingehen. Es gelang mir indessen nicht, nur annähernd ein so reich entwickeltes System von Ausläufern irgendwo zu finden, wie es Boll[2] von Sepia abbildet. Durch die von Fürbringer[3] vorgeschlagene Methode der successiven Färbung mit Hämatoxylin, Eosin, Methylgrün nebst nachfolgender Behandlung mit wässerigem Alcohol und Nelkenoel — hinsichtlich der Details des Verfahrens sei auf die citirte Abhandlung verwiesen kommt man jenem Bilde näher. Selbst an Präparaten, die vorher nur ganz vereinzelte Zellausläufer zeigten, sieht man nun solche in überraschender Zahl und Deutlichkeit. Es ist mir nicht gelungen, wirkliche Verbindungen der Ausläufer verschiedener Zellen unter einander zu constatiren, wie sie Fürbringer (und auch Ranvier)[4] abbilden, wohl wegen der ungünstigen Beschaffenheit des von mir verwendeten Materiales. Ein Eindringen von Fortsätzen des Zelleninhaltes in die Kanäle, wie es

---

[1] Ueber den Bau der Gallertscheibe der Medusen. (Müllers Archiv 1856. p. 311 ff.)

[2] Beiträge zur vergleichenden Histologie des Molluskentypus. Archiv für mikroskopische Anatomie. Bonn 1869. Supplementband.

[3] Ueber das Gewebe des Kopfknorpels der Cephalopoden. Morpholog. Jahrb. III. Bd. p. 453 ff.

[4] Traité technique d'histologie. fig. 90.

die Jodbehandlung zeigt, konnte Fürbringer nicht sicher constatiren. Auch in meinen, nach dessen Methode hergestellten Präparaten fand ich die Zellen stark geschrumpft in ihrer Zellhöhle, ohne Zusammenhang mit den in die Grundsubstanz eindringenden Ausläufern; dass aus letzteren mindestens in vielen Fällen das Protoplasma (durch Retraction zum Zellkörper hin?) gänzlich geschwunden war, liess sich leicht feststellen (vgl. die Abbildung).

Neben diesem Bild fand sich nun aber ein anderes, namentlich in peripheren Theilen des Knorpels, das einen wesentlich verschiedenen Eindruck gewährte. oft genug in demselben Schnitt mit dem erstbeschriebenen vereint. Zellausläufer waren überhaupt nicht zu sehen; die Grundsubstanz war nicht mehr homogen, wie vor der Färbung, sondern zeigte, wohl je nach der Schnittrichtung, bald ein streifiges, bald ein punktirtes Aussehen. Die Streifen, im Allgemeinen gleichgerichtet, verliefen in leichten Wellenlinien, schienen auch wohl da und dort sich untereinander zu verflechten. Die punktirten Stellen zeigten je nach der Einstellung bei ganz starken Vergrösserungen helle Kreise mit dunkelen Centren oder umgekehrt. Die Zellhöhlen waren in beiden Fällen, sowohl in streifigen als in punktirten Stellen scharf umgränzt, fast wie von Kapseln, die sonst in unserem Object nicht zu existiren scheinen. Im Ganzen traten die Bilder ohne Ausläufer seltener auf, als jene mit vielfachen Verästelungen der Knorpelhöhlen und zwar war dem Ansehen nach die Schrumpfung des Präparates in ersterem Falle meist stärker.

Wir sehen mithin zwei ganz verschiedene Bilder aus demselben Objecte unter Einfluss des Reagens zu Stande kommen. Beide schliessen sich an bekannte und nachweislich auch am frischen Präparate erkennbare Structurverhältnisse an. In dem einen Falle treten in Fortsetzung der vorhandenen, durch Jodbehandlung nachweisbaren Zellausläufer radiär von den Knorpel-

höhlen ausstrahlende, unter einander anastomosirende Linien auf, in dem anderen Bilde wird der fibrilläre Aufbau des untersuchten Objectes deutlich. Davon, dass neben den homogen erscheinenden auch an bestimmten Orten ziemlich grobfaserige Stellen der Grundsubstanz schon ohne das Reagens sichtbar sind, können wir absehen, da wie erwähnt nur homogene oder höchstens feinstreifig erscheinende Theile des Knorpels benutzt wurden. Eine feinstreifige Beschaffenheit der Grundsubstanz war übrigens, schon ehe man die Zellenausläufer kannte, von Kölliker[1] erwähnt worden. Wir dürfen wohl mit Recht schliessen, dass das Hervortreten der beiden Bilder unter dem gleichen Einfluss einer Behandlung, die in erster Linie eine starke Schrumpfung der Zellen wie der Grundsubstanz bedingt, einen analogen Vorgang zur Grundlage hat. Die Imbibition des Nelkenocles findet anfangs nur in die weniger dichte Substanz zwischen den Fibrillen und in die mit Zellausläufern erfüllten Spalträume statt. (Nach einigen Monaten verschwinden, wie mir Fürbringer mitgetheilt hat und ich aus eigener Erfahrung bestätigen kann, die Zeichnungen wieder.) Wir dürfen daraufhin noch nicht die Gleichartigkeit der interfibrillären und der die Zellausläufer fortsetzenden Materie als unbedingt erwiesen bezeichnen; wenn wir auch das gleiche Verhalten gegen das gleiche Reagens anführen können. Indessen existiren Thatsachen, die einen Zusammenhang beider Substanzen vermitteln. Wie bereits erwähnt, sehen wir die letzten Zellausläufer sich allmälig in die Grundsubstanz ohne Grenze verlieren. Boll[2] beschreibt und bildet ab, dass die letzten Zellausläufer der Grundsubstanz geradezu ein feinlängsstreifiges Aussehen verleihen können. Schon Nykamp[3] hat die Frage aufgeworfen, ob nicht

[1] Entwickelungsgeschichte der Cephalopoden. Zürich 1844.

[2] Beitrag zur vergleichenden Histologie des Molluskentypus.

[3] Beitrag zur Kenntniss der Structur des Knorpels. Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. XV. 1877. p. 492 ff.

jene feinsten Ausläufer, wie sie von Boll beschrieben sind, auf die Faserung der Grundsubstanz zurückzuführen seien. Boll selbst hat aber auch schon bei Beschreibung des Aequatorialringes des Auges von sepia, anknüpfend an frühere Beobachtungen von Hensen [1], gezeigt, dass in dem hier an Grundsubstanz armen, einschichtigen, leicht in die einzelnen Zellbezirke aufzulösenden Knorpel eine Grenze der Zelle gegen die Grundsubstanz kaum nachweisbar ist. „Es ist in der That häufig fast eine Unmöglichkeit, am frischen Präparat zu entscheiden, wo die Zelle aufhört und die Knorpelsubstanz beginnt. Nicht dass beide allmälig in einander übergingen, sondern die Configuration der Grenze beider ist durch die zahlreichen feinen Ausläufer eine so complicirte geworden, dass unsere besten Objective sie jetzt noch kaum aufzulösen vermögen".

Es ist darnach erwiesen, dass die interfibrilläre Substanz und die Fortsetzungen der Zellausläufer im Cephalopodenknorpel auf die Fürbringer'sche Behandlung in gleicher Weise reagiren. Es ist wahrscheinlich, dass ein continuirlicher Zusammenhang zwischen beiden Substanzen stattfindet.

Es muste die Frage auftreten, wie denn die gleiche Behandlung am Knorpel höherer Thiere wirke. Eine Probe zeigt uns Fig. 3, Tafel V. An Spirituspräparaten vom Gelenkknorpel des Kaninchen sehen wir die schönste Darstellung des fibrillären Aufbaues der Grundsubstanz zu Tage treten. Die platten Fibrillenbündel sind in dem gezeichneten, senkrecht zur Oberfläche des Gelenkknorpels geführten Schnitte theils parallel ihrem Verlauf, theils schräg, theils im Querschnitte getroffen; die dem Fibrillenverlaufe sich anschliessende Anordnung der Zellen ist deutlich zu sehen. Die Zellkörper sind ähnlich geschrumpft wie

---

[1] Ueber das Auge einiger Cephalopoden. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. p. 155 ff.

am Cephalopodenknorpel. Radiäre Zeichnungen von den Zellhöhlen ausgehend konnte ich an diesem Object nicht erhalten. Embryonale Knorpel (aus dem Carpus und Tarsus des Menschen und vom Kalb) brachten dagegen bei gleicher Behandlung solche leicht zu Gesicht, wenn sie vorher nicht kenntlich waren. Sie zeigten sich vorwiegend in Form der Bubnoff'schen Linien[1]; das Bild stimmte so sehr mit dem auf anderem Wege erhaltenen der Fig. 2, Tafel IV. überein, dass ich von einer Abbildung absehen zu dürfen glaubte. Auch an dem Knorpel höherer Thiere, allerdings erst durch Prüfung an verschiedenen Objecten weist uns also die besprochene Reaction auf eine Verwandschaft der jenen beiden in Betracht kommenden Zeichnungen zu Grunde liegenden Substanzen hin.

B. VON DEN GELENKKNORPELN DES FROSCHES.

Als Untersuchungs-Object diente hier vorwiegend das obere Gelenkende des Oberschenkels. Wenn dasselbe auch in neuerer Zeit mehrfach, zuletzt von Gerlach[2] genauer beschrieben und abgebildet wurde, so muss ich doch wegen einiger später zu berührenden Einzelheiten kurz auf die anatomische Anordnung jenes Theiles eingehen. Die Knochenröhre des Oberschenkels ist bekanntlich von unten her in den Knorpel so eingestülpt, dass sie einerseits in ihrem Inneren einen Pfropf von Knorpel-Gewebe enthält, andererseits aussen wie von einer aufgesetzten Kappe von dem Knorpel überwulstet erscheint. Die überwulstende Knorpelmasse ist von dem äusseren Umfang der Knochenröhre durch deren Beinhaut, Gerlach's „subchondrales Periost", getrennt. Wir wollen den Propf im Innern der Knochenröhre als Innenknorpel bezeichnen; derselbe hängt mit dem

---

[1] Andere Stellen entsprechen noch mehr den von Budge abgebildeten, durch Chromsänrebehandlung erzielten Anordnungen.

[2] Ueber das Verhalten des indigschwefelsauren Natrons im Knorpelgewebe lebender Thiere. Erlangen 1876, Fig. 2, 3, 4, 8, 9.

„Aussenknorpel“ oben durch die Hauptmasse des Gelenkkopfes zusammen. Auf der Seite der Markhöhle ist der Innenknorpel wie von Lacunen vertieft, welche letzteren das Markgewebe (wie im Knochen die Resorptionsgrübchen) erfüllt. Gegen die Knochenröhre begrenzen den Innenknorpel scharfe Conturen; leicht bildet sich an durch austrocknende Methoden (Conservirung in Canadabalsam) gewonnenen Präparaten ein feiner Spalt zwischen Knorpel und Knochen aus, ein Beweis, dass hier kein fester Zusammenhang besteht. An Querschnitten erscheint die Grenze fast als Kreislinie entsprechend der Form der Röhre, die eine fast genau cylindrische glattwandige Höhle umfasst. Die Knochenröhre endet mit leicht abgerundetem Rande (von ihrer Beinhaut umschlossen) nach oben. Der untere Rand des Aussenknorpels ist von Einschnitten durchsetzt die an Querschnitten eine Verbindung des Perichondriums, soweit es vorhanden, mit dem subchondralen Periost erkennen lassen.[1] Innen- und Aussenknorpel zeigen wesentliche Verschiedenheiten, doch findet ein allmälicher Uebergang zwischen den beiden Knorpelformen statt. Der Innenknorpel ist ärmer an Zwischen-Substanz, seine Zellen sind feinkörniger und relativ grösser als die des Aussenknorpels. Die Anordnung der Zellen ist eine derartige, dass an Längsschnitten man dieselben gegen das abgerundete Ende der Knochenröhre gerichtet sieht, so dass die im Schnitt reihenförmig angeordneten Knorpelhöhlen, während sie nach oben hin parallel der Gelenkfläche nach aufwärts convexe Bogenlinien beschreiben, von demselben Punkte aus gegen die Markhöhle in abwärts convexen Linien angeordnet sind. Zwischen diesen Bogenlinien finden sich selbstverständlich vermittelnde in flacheren Bogen

---

[1] Von der Verbindung des subchondralen Periostes mit dem Knochenmarke durch den Rand der Röhre umschlingende Gefässe, wie sie Gerlach angibt, habe ich mich nicht überzeugen können; an Querschnitten sah ich wiederholt den Innenknorpel dem ganzen Umfang der Röhre so dicht anliegen, dass kein Raum für Gefässe blieb. Doch stammen diese Schnitte zumeist von jungen Thieren.

und quer verlaufende Zellreihen. Der zwischen den aufwärts und abwärts convexen Reihen eingeschlossene linsenförmige Theil des Knorpels bleibt, wie G e r l a c h betont, meist von Verkalkungen frei. Die Aussenfläche der Knochenröhre ist nicht so glattlinig begrenzt, wie die Innenfläche. Ebenso zeigt das subchondrale Periost, einwärts die Grübchen der Knochen-Oberfläche überkleidend, auswärts gegen den Knorpel hin Vorwulstungen, die es an verschiedenen Stellen von ungleicher Mächtigkeit erscheinen lassen. Die nach innen gekehrten Lagen der Knochenröhre zeigen concentrisch um die Markhöhle angeordnete, im Querschnitt abgeplattet erscheinende Knochenkörperchen; nach aussen hin erscheinen dieselben mehr rundlich oder spindelförmig und unter rechtem oder spitzem Winkel gegen die Markhöhle gerichtet. Sehr deutlich sind die Knochenfasern in den äusseren Schichten der Knochenröhre; man erkennt namentlich an mit Gemischen von Chromsäure und Osmiumsäure entkalkten Präparaten, dass diese Fasern die geradlinige Verlängerung der das subchondrale Periost bildenden Fasern und Spindelzellen darstellen. Doch ist die Grenze des zu Knochen umgewandelten gegen das noch unverkalkte Periost eine scharfe; ich glaube mich wiederholt überzeugt zu haben, dass ein spindelförmiger Zellkörper zur Hälfte bereits in dem Knochen eingeschlossen lag, zur anderen Hälfte noch dem Perioste angehörte. Der Aussenknorpel zeigt oft ausgedehnte Verkalkungen seiner im Vergleich zu der des Innenknorpels reichlicheren Grundsubstanz. Die Verkalkungen beginnen, wie die Untersuchung an jüngeren Thieren zeigt, regelmässig an der Grenze des Knorpels gegen das subchondrale Periost und an dem Rande der oben erwähnten Einschnitte. Die verkalkten Stellen, anfangs disseminirt, fliessen in grössere Plaques zusammen, welche letztere Inseln unverkalkten Knorpelgewebes zwischen sich fassen. Es ist kaum nöthig hervorzuheben, dass die verkalkte Grundsubstanz ähnliche Veränderungen wie jene ossificirender Knorpel höherer

Thiere eingeht, insbesondere durch Hämatoxylin intensiv blau gefärbt wird, während bekanntlich der Farbstoff jene im unverkalkten Knorpel fast nicht tingirt. Die Doppelfärbung mit Carmin und Hämatoxylin liefert insbesondere von den Knochen jugendlicher Thiere ganz ausgezeichnet zierliche Bilder, welche alle erwähnten Verhältnisse mit Leichtigkeit erkennen lassen. Zur Untersuchung wurden vorwiegend mit Silbernitrat und mit Goldchlorid imprägnirte Objecte verwandt; daneben konnten manche Details auch schon am frischen Präparat, dann an Carminpräparaten, auch an mittelst der oben erwähnten Gemische von Chromsäure und Osmiumsäure [1] entkalkten und erhärteten Objecten wahrgenommen werden. Die mit Silbernitrat und Goldchlorid behandelten Präparate wurden meist ohne vorherige Entkalkung untersucht.

Wir wenden uns zunächst zur Untersuchung der Ergebnisse der Silberbehandlung und zwar in erster Linie der Imprägnation grösserer Knorpelstücke. Das zu untersuchende Gelenk-Ende eines eben getödteten Frosches wird so abgetragen, dass ein kurzes Stück der Knochenröhre noch innerhalb des zu imprägnirenden Knorpels erhalten bleibt, und danach in eine schwache Silbernitratlösung auf einige Minuten eingelegt. Die Concentration der Lösung hat keinen grossen Einfluss; doch sind schwächere Solutionen ($^1/_{10}$—$^1/_{20}$ %) sicherer in ihrer Wirkung. Aus der Silberlösung kommt das abgespülte Knorpelstück in ein Schälchen destillirten Wassers, in welchem es auf weisser Unterlage dem directen Sonnenlicht exponirt wird. Schon nach $^1/_2$ Stunde kann man Schnitte anfertigen, die wenigstens in ihrem der Oberfläche näheren Theile bereits vollständig brauchbare Bilder liefern. Die Präparate werden in Glycerin oder Canada-Balsam eingelegt; zweckmässig lässt man die fertigen Präparate

---

[1] Näheres über diese Gemische findet sich angegeben im Archiv für mikroskopische Anatomie. 1878. p. 300.

auf weisser Unterlage längere Zeit dem hellen Tageslicht ausgesetzt. Dabei schreitet oft die Reduction so weit vor, dass das Bild unbrauchbar wird; in günstigeren Fällen aber können dann auch die vorher scheinbar ungefärbten Stellen sich tingirt erweisen und so der brauchbare Theil des Schnittes ausgedehnter werden. Die mir vorliegenden, zum Theil über 3 Jahre alten Präparate sind absolut ebenso brauchbar als zur Zeit der Anfertigung. Die Schnitte habe ich meist ohne vorherige Entkalkung hergestellt. Zwar blieben die zu besprechenden Zeichnungen auch an entkalkten Präparaten sichtbar, doch waren die Verhältnisse der Zellen weniger deutlich als zuvor. Besonders geeignet zur Aufbewahrung werden die Schnitte durch nachträgliche schwache Carmintinction.

Das Bild, welches wir so erhalten, ist ein sehr complicirtes. ausserdem je nach der Intensität der Färbung variirendes. Am Verticalschnitt sieht man zunächst die der Gelenkfläche entsprechende schmale Randschicht durchscheinend, hell; an dieselbe schliesst sich eine dunkelviolette Zone an, die nach innen allmälig sich aufhellt; da wo die Verkalkungen auftreten, sind mit scharfen, buchtigen Rändern gegen den unverkalkten Knorpel abgesetzte, tief schwarze Züge, an welche sich braun gefärbte, ebenfalls buchtig umgrenzte, rissige Balken anschliessen; zwischen dem Balkenwerk aber bleiben helle Inseln unverkalkten Knorpels. Gegen die Markhöhle hin zeigt der Innenknorpel sich ebenfalls durch eine dunklere, violette Zone begrenzt. Die Knochenröhre und das subchondrale Periost sind braungelb gefärbt. Stellenweise sieht man in der Knochenröhre die Knochenkörperchen mit ihren Ausläufern in einer Weise hervortretend, dass man an die Heitzmann'schen Bilder erinnert wird. Alle Farben sind am dunkelsten in der Nähe desjenigen Randes des Schnittes, welcher der Abtragungsfläche des Gelenkendes entspricht.

In der Grundsubstanz des Aussenknorpels und zwar in dem peripheren Theile desselben zeigt die Betrachtung mit einer zwei-

bis dreihundertfachen Vergrösserung abwechselnd dunkle und helle, ziemlich gleich breite Linien, parallel dem convexen Rande verlaufend. Die dunkelen Linien sind von einem sehr feinkörnigen Silberniederschlag gebildet. Man sieht diese Linien eben so gut an Vertical- als an Quer-Schnitten. Sie können nicht etwa Fasern oder Bändern entsprechen, da man alsdann in irgend einer Schnittrichtung Durchschnitte solcher Bildungen in Gestalt von abgerundeten oder polygonalen Figuren sehen müsste. Nahe der Oberfläche sind die Streifen schmaler als in der Tiefe. Wenn dieselben, wie wir anzunehmen gezwungen sind, den Ausdruck einer im Allgemeinen der Gelenkfläche concentrischen Schichtung wiedergeben, so werden wir natürlich, je nachdem die einzelnen Lagen senkrecht oder mehr tangential getroffen sind, dieselben ungleich breit vorfinden.[1] Die Streifen folgen der Richtung der Zellreihen, so zwar, dass stets zwischen zwei Zellreihen eine grössere Zahl von Bändern eingeschaltet ist. Die Knorpelhöhlen sind in den Verlauf der Bänder der Art eingefügt, dass mehrere der letzteren jedesmal an einer der Höhlen enden. Die schwarzen Bänder nähern sich dabei einander, so dass der Zwischenraum zwischen ihnen etwas schmäler wird und die Umgebung der Höhle im Vergleich etwas dunkler erscheint als die sonstige Grundsubstanz. Die Zellen füllen die Höhlen nicht vollständig aus; es bleibt in letzteren ein heller Raum frei. Die Anordnung der Zellensubstanz zeigt sich hierbei an Schnitten, die annähernd in der Mitte des Gelenkkopfes senkrecht zur Oberfläche geführt sind, so, dass der körnige Zellkörper meist lang gestreckt, spindelförmig, dabei derjenigen Wand des Zellraumes, die der Gelenkhöhle zugekehrt ist, anliegend gefunden wird. Oft erscheint hier der Rand der Knorpelhöhle wie mit

[1] Theils wegen der ungleichen Breite der Bänder, theils wegen deren Abhängigkeit von der Schnittrichtung sind genaue Messungen schwer mit Sicherheit ausführbar; ich glaube um so eher von Zahlenangaben absehen zu dürfen, als ich einen Vortheil für die Deutung des Bildes aus den Grössenangaben nicht zu erzielen vermag.

feinen Körnchen besetzt, doch konnte ich im Aussenknorpel nie eigentliche „Poren-Kanäle“, wenn dieser Ausdruck, seiner ursprünglichen Bedeutung entfremdet, hier zur Anwendung kommen darf, nachweisen. Selbstverständlich hängt letzterer Befund von der Schnittrichtung ab; an anderen Präparaten sieht man die Zelle von der Fläche aus, das Centrum der Knorpelhöhle ausfüllend, oder man hat die Letztere so getroffen, dass nur noch der eines Inhaltes entbehrende Theil im Schnitte sichtbar ist, die Lacune daher leer erscheint.

Gehen wir zu dem Theil des Knorpels über, welcher die Verkalkungen enthält, so finden wir die Streifen fast immer um ein bedeutendes breiter als in der peripheren Zone; dabei werden die Begrenzungen der Zellhöhlen undeutlicher; die Reihenstellung derselben unregelmässiger. Die Streifen erscheinen blasser und etwas grober gekörnt; auch finden sich nunmehr häufiger Silberkörner in die Grundsubstanz eingestreut. In den zwischen den Kalkdepositen erhaltenen Inseln unverkalkter Knorpelsubstanz wird der Befund noch abweichender. Die Streifen werden immer breiter, undeutlicher begrenzt, blasser, die Zellhöhlen sind kaum mehr nachweisbar; von der Zelle sieht man nichts als einen dunkelbraun oder schwarz gefärbten Kern, fast ohne umgebendes Protoplasma; dabei sieht man die Kerne oft nicht mehr zwischen die Streifen eingeschaltet, sondern unregelmässig darüber ausgestreut. Die Streifen zeigen nicht mehr den parallelen leicht welligen Verlauf; sie weichen stärker in ihrer Richtung von einander ab, so dass nahe liegende Streifen fast unter rechtem Winkel an einander stossen. Eine Beziehung der Richtung der Streifen zu den im Aussen- oder Innen-Knorpel bestehenden Verhältnissen ist überhaupt nicht nachzuweisen. Es lässt sich der Eindruck des ganzen Bildes fast mit dem einer „Verwerfung“ in geschichteten Gesteinbildungen vergleichen. — Im Innenknorpel endlich treffen wir in den an die Markhöhle grenzenden, von da aus tingirten Stellen wieder ähnliche Verhältnisse wie in

der peripheren Schicht des Aussenknorpels. Wir sehen die Zellreihen dort in gegen die Markhöhle convexen Bogen gelagert; so verlaufen auch die Streifen; da aber die Menge der „Intercellularsubstanz" geringer ist, so erscheinen die von Zelle zu Zelle verlaufenden Striche kürzer, mehr schuppenartig angeordnet. Die Lage des geschrumpften Zellkörpers in seiner Höhle ist nicht so regelmässig wie im Aussenknorpel; meist scheint er ähnlich wie dort der einen Wand, und zwar der der Markhöhle zugekehrten, anzuliegen; also entgegen der Orientirung der Zellen im Aussenknorpel nach der Seite der Gelenkhöhle. Im Allgemeinen erscheinen die Bänder auch bei gleicher Vergrösserung breiter als im peripheren Theil des Aussenknorpels, etwa gleich jenen, die dort aussen von den verkalkten Stellen sich neben letzteren finden. Wo Verkalkungen des Innenknorpels sind, finden sich die gleichen Verhältnisse wie im Aussenknorpel. Schnittrichtung, Dicke des Schnittes, Intensität der Silberwirkung und andere Zufälligkeiten können das beschriebene Bild in manchen Punkten modificiren. Den Einfluss der Schnittrichtung auf die scheinbare Breite der Streifen haben wir bereits erörtert. An dicken Schnitten kann es vorkommen, dass scheinbar noch die Streifen in den verkalkten Bälkchen enthalten sind, wo nämlich die Oberfläche eines im Schnitt getroffenen verkalkten Streifens von mit schwarzgrauen Silberbändern durchzogenem unverkalktem Knorpel gedeckt wird. Ich kann nicht ausschliessen, dass ausnahmsweise auch verkalkte Stellen die Bänderung noch aufweisen. Aus optischen Gründen werden an feinen Schnitten die Bänder scharfrandiger begrenzt sein. Häufiger an nicht ganz dünnen Schnitten werden sich anderweite Zeichnungen dem beschriebenen Silberbilde hinzugesellen, unter Umständen auch gerade in diesem besonders deutlich hervortreten (vergl. Fig. 5. Tafel III). Es sind dies die von Bubnoff[1] beschrie-

[1] Beiträge zur Kenntniss der Structur des Knorpels. Wiener Sitzungsber. LVII. Band. I. Abthlg. p. 912. 1868.

benen Linien, welche an dessen Praeparaten durch Osmiumwirkung zu Stande gekommen waren, Linien, die meist von einer Zelle zur anderen verliefen und das Bild von feinen Kanälen darboten, welche letzteren meist an diametralen Enden die Knorpelhöhle trafen; wo sie einmündeten zeigten sich zuweilen feine Oeffnungen. „Fraglich kann nur bleiben, ob das, was sich nach der Behandlung mit Osmiumsäure als Kanälchen repräsentirt, auch im Leben ein Kanälchen ist, oder ob nur eine eigenthümliche Anordnung der Grundsubstanz des Knorpels eine solche Veränderung möglich macht." In Fig. 4, Tafel III, sind die einfachsten Formen solcher Linien, nach der von Bubnoff angegebenen Methode, vom Säugethierknorpel gewonnen, dargestellt. Bald sind sie mehr parallel, bald radiär um die Zellen gruppirt; oft gehen von Zelle zu Zelle eine grössere Zahl parallel verlaufender leicht welliger Linien, zuweilen scheinen sich dieselben zu kreuzen; eigentliche Anastomosen sind mir nicht zu Gesicht gekommen.

Wir werden später nochmals auf jene Zeichnungen zurückkommen, hier sei nur deren Verhalten an unserem Object erörtert. Die Linien zeigen sich hier nur im Aussenknorpel und zwar besonders deutlich da, wo er zwischen Perichondrium und subchondralem Periost eingeschlossen ist, namentlich in der Nähe der oben beschriebenen, die beiden Hüllen verbindenden Einschnitte. Am günstigsten sind Präparate, an welchen die Verkalkung noch nicht weit vorgeschritten ist, so dass sie nur in Gestalt einer Anzahl verkalkter Inseln vorliegt, deren Reihe sich dem subchondralen Periost einerseits, dem Perichondrium andererseits sowie dem den Einschnitt durchsetzenden Bindegewebe anschliesst. Die Linien erscheinen hier auch ohne Osmium oder Silberbehandlung deutlich an in Canadabalsam conservirten mit Carmin oder Pikrocarmin, oder Carmin und Hämatoxylin gefärbten Präparaten. Doch ist ihre Erkenntniss hier insofern nicht leicht, als Complicationen mit anderweiten Spal-

tungen im Knorpel, ferner mit dem Verlaufe den Knorpel durchziehender Fasern vorkommen. Das eigenthümliche Bindegewebe welches als subchondrales Periost die Knochen überzieht, durch Verkalkung sich direct in letztere umzuwandeln scheint, bildet ja auch den Ueberzug der Innenfläche der überwulstenden Knorpelkappe. Eine ganz scharfe Grenze ist hier nicht immer deutlich; es mag unentschieden bleiben, ob gewissermassen metaplastisch die innersten Schichten des Aussenknorpels — vielleicht nach provisorischer Verkalkung — in das Periostgewebe übergehen, oder ob vielleicht umgekehrt, was mir wahrscheinlicher, letzteres nach einer Seite hin Knochen, nach der anderen Knorpel bildend auftritt, eine gemeinsame Matrix für beide darstellend; jedenfalls erweisen sich die dem Knorpel zugekehrten Lagen des subchondralen Periostes lockerer, reicher an Zwischensubstanz, dem äusseren Perichondrium ähnlicher als die dem Knochen zugekehrten, aus dichtgedrängten Elementen bestehenden Lagen. Es lassen sich nun von dem subchondralen Periost aus Linien in den Knorpel verfolgen, die ihn weit ins Innere seiner Substanz, selbst in seiner ganzen Dicke fast scheidewandartig im Schnitt erscheinend durchsetzen. Man kann sie gewissermassen als den Ausdruck Sharpey'scher Fasern im Knorpel ansehen. Ausserdem tritt aber zuweilen noch an denselben Präparaten die Zerklüftung in Zellterritorien durch äusserst feine, scharfe Linien, meist von polygonaler Anordnung [1], auf. Die Grundsub-

---

[1] Ich hatte selbst ursprünglich diesen Umstand nicht beachtet und war in Folge dessen über die Anordnung der Bubnoff'schen Linien im Unklaren. Die Zahl meiner die Zellterritorien deutlich zeigenden Bilder ist noch zu klein, als dass ich auf dieselben genauer eingehen dürfte; doch will ich nur bemerken, dass ganz sicher die Grundsubstanz oft nur nach einer Seite in stärkerem Maasse entwickelt ist; ja ich kann mich der Ueberzeugung nicht verschliessen, und andere Umstände haben mich schon vor der Untersuchung der Zellterritoriengrenzen zu dieser Annahme gebracht, dass die Bildung der Knorpelgrundsubstanz überhaupt nicht gleichmässig nach allen Richtungen, sondern vorwiegend von einer Fläche der Zelle aus erfolge. Ausnahmsweise sieht man auch an Silberbildern die Territoriengrenzen und zwar als lichtere Linien in der dunkelen Grundsubstanz hervortreten.

stanz wird also da, wo die Bubnoff'schen Linien zugleich sichtbar sind, innerhalb der Zellterritorien nochmals durch radiär von Zelle zu Zelle, von einem Territorium in das andere ziehende Linien zerklüftet; doch gehören solche Bilder zu den Ausnahmen.

Im Allgemeinen sind die Bubnoff'schen Linien von der Aussen- zur Innenfläche des Knorpels gerichtet. Die für ihre Entstehung massgebenden Verhältnisse ergeben sich wohl aus der Anordnung verkalkter, der Retraction unter dem schrumpfenden Einfluss der Behandlung (Entkalkung durch schwache Chromsäure, Färbung, Austrockenen in absolutem Alcohol u. s. f.) unfähiger Stellen in den peripheren Zonen der innen weichen Knorpelsubstanz. Die starren verkalkten Rindentheile des Schnittes behalten ihre ursprüngliche Lage bei; nur die weichen Innentheile schrumpfen mehr oder weniger zusammen und es treten da, wo die Substanz minder dicht ist, Zerklüftungen ein, die theils sich an die Grenzen der Zellterritorien, theils an andere Structureigenthümlichkeiten anschliessen. Dass diese Erklärung richtig scheint mir der Umstand zu bekräftigen, dass wo die Verkalkungen aussen, dem Perichondrium entlang, fehlen (im Umfang der Knochenröhre erscheinen sie sehr früh und ziemlich gleichzeitig) auch die Linien seltener auftreten. Läge mir nur dies eine Object vor, so würde ich nicht anstehen, die Bubnoff'schen Linien als Zerklüftungsspalten aufzufassen, die da zu Stande kommen, wo am wenigsten Grundsubstanz in einer Richtung liegt, also je zwischen den zunächst gelegenen Zellhöhlen. Erst die Beobachtungen am Säugethierknorpel werden uns den Anschluss der Bubnoff'schen Linien an anderweite Structurverhältnisse sicher stellen. In dem uns beschäftigenden Silberbilde treten die Bubnoff'schen Linien ebenso wie an den anderen Präparaten nur im Aussenknorpel auf. Dass sie nicht den Ausdruck von Kanälchen darstellen zeigt eine einfache Beobachtung. Bei wechselnder Einstellung kann man die Linie in der ganzen Dicke eines Schnittes verfolgen; dabei verlässt sie aber oft die Ebene der ersten Einstellung seitwärts und erweist sich so als

schräg zur Schnittfläche verlaufender platter Spalt, dessen Richtung die der Silberbänder unter annähernd rechtem Winkel kreuzt; dies stimmt damit überein, dass die Silberbänder im ganzen parallel, die Bubnoff'schen Linien nahezu senkrecht zur Oberfläche des Knorpels verlaufen. Die Bänder erscheinen da, wo sie sich mit den Linien kreuzen, zuweilen abgesetzt in ihrem Verlauf, was mit der Entstehung der Linien durch Schrumpfungen und Zerklüftungen innerhalb der hyalinen Substanz wohl übereinstimmt.

Einige andere auffallende Erscheinungen zeigen sich namentlich an etwas intensiver gefärbten Präparaten; wo man an solchen die Zellen genau im Profil erblickt, wo sie also spindelförmig oder als schmaler Halbmond der der Gelenkhöhle zugekehrten Fläche der Zellhöhlenwand anliegen, findet sich oft in Verlängerung beider Enden der Spindel eine etwas dunklere Punktirung, die jedoch nicht zu der entsprechenden, von der nächsten Zelle ausgehenden Stelle reicht. Auffallender noch ist es, dass oft (an günstigen Präparaten constant) da wo die Zelle der Zellhülle anliegt, eine gelbe oder braune Färbung einen mehr weniger deutlichen Hof in Umgebung der Lacune mit verwaschener Begrenzung gegen die Grundsubstanz darstellend, sich ersterer anfügt. Oft ist es nur ein schmaler, halbmondförmiger Saum dunkelgefärbter Grundsubstanz, der die intensivere Färbung zeigt. Wo die Zelle von der Fläche gesehen wird, scheint sie rund von der dunkleren Zone umsäumt. Bei den Ergebnissen der Silberbehandlung einzelner Schnitte werden wir darauf zurückkommen müssen.

Im Innenknorpel sind, wie erwähnt, Bubnoff'sche Linien nicht nachweisbar; es mag dies damit zusammenhängen, dass die Grundsubstanz hier nur in dünner Schicht zwischen den Zellen vorhanden, nicht sehr fest am Knochen (vgl. o.), ebensowenig gegen die Markhöhle hin fixirt, in ihrer Gesammtheit nachgiebig genug ist, um den Schrumpfungsprocess ohne Zerklüftungen auszuhalten. Erscheint schon am Aussenknorpel

die Umrandung der Höhlen gekörnt, so ist dies in noch höherem Maasse im Innenknorpel der Fall. Wir werden auch darauf zurückkommen.

Welches ist nun die Bedeutung der geschilderten Zeichnung? Dieselbe wurde bis jetzt meines Wissens nur von Thin und später von Reeves[1] beschrieben und abgebildet. Ranvier, Heitzmann und andere, welche Silberbilder des hyalinen Knorpels beschreiben, haben jene Bänder offenbar nicht gekannt. Thin erhielt sie auf einem Wege, der mir nur ganz ausnahmsweise und an verschwindend kleinen Stellen gute Ergebnisse aufwies, durch Bestreichen der Oberfläche des Knorpels eines 1 Tag alten Kätzchens mit Höllenstein. Brauchbar war das Bild in meinen Präparaten nur, wenn ich die Abtragungsfläche des Knorpelstückes mit dem Stift berührte. Fast möchte ich auch glauben, dass Thin's Verfahren[2] die Oberfläche des

---

[1] Thin. On the structure of hyaline Cartilage. Quarterly journal of microscopical Science. vol. XVI. 1875. Abbildung tab. II. fig. 14. 15 Reeves. The matrix of articular cartilage. British medical journal. 1876. 11. Nov. Mir nur im Referat (Jahresbericht von Hofmann und Schwalbe 1876, p. 87) zugänglich. Die Existenz beider Arbeiten war mir zur Zeit meiner ersten Publication (Sitzungsberichte der physikal.-med. Gesellschaft 1876/77. Sitzung den 15. Juli 1876, p. XII.) noch unbekannt und erfuhr ich erst durch den cit. Jahresbericht von denselben. Die Priorität der Beschreibung kommt natürlich Thin zu.

[2] L. c. p. 8. The condyle of the femur of a kitten a day old was firmly and persistently rubbed over by solid nitrate of silver, which was several times moistened during the operation. Ein leichtes Bestreichen genügt schon um tiefgehende Silberwirkung in der von Heitzmann beschriebenen Weise zu erzeugen. — Im Uebrigen beruht es jedenfalls auf einem Versehen, wenn Thin, der Heitzmanns Arbeiten kennt (p. 8 erwähnt er dessen Abbildungen u. s. f.) Ranviers Angaben citirend, erklärt: (p. 5) „To the best of my knowledge that is the only effect, produced by nitrate of silver, that has hitherto been noticed." Auch das keratoide Silberbild (Thin fig. 7) ist seit vielen Jahren bekannt. — Im Uebrigen finden sich neben vielen guten Beobachtungen auch einige andere Angaben, die, soweit ich auf Grund eigener Studien sie controliren kann, zu kritischen Bemerkungen herausfordern. Die Netzwerke verkalkter Züge im Knorpel, welche durch Silberniederschläge geschwärzt sind, werden mit Lymphcapillaren verglichen (l. c. fig. 8)! Im Anschluss an eine Abbildung

Knorpels irgendwie lädirte und so erst das Eindringen des Salzes in gelöstem Zustande ermöglichte.

Wie dem auch sei, die thatsächliche Uebereinstimmung des von Thin entdeckten Bildes mit dem unseren steht fest. Ebensowenig kann ein Zweifel bestehen, dass auch Reeves das gleiche Bild am Gelenkknorpel des Menschen gesehen hat. Thin und Reeves haben ausserdem auch durch andere Methoden (Maceration von Knorpeln des Schafes in Jodserum, (Thin) Gold- und Anilin-Färbungen (Reeves) ähnliche Präparate erzielt.

Was speciell die Verwendung eines verschiedenen Untersuchungsmateriales betrifft, so ist dies unwesentlich, da, wie ich durch zahlreiche Präparate an Knorpeln junger Katzen (meist von den Köpfchen der Metatarsalknochen) bestätigen kann, eine wesentliche Differenz des am Säugethier-Knorpel zu Stande kommenden Bildes von dem beim Frosch erhaltenen nicht besteht. Für die Deutung ist letzteres günstiger, da uns die auffallenden Verhältnisse an den verkalkten Stellen und andere Momente hier wesentliche Stützen gewähren. — Ich war nicht so glücklich, durch andere Mittel als die Silberbehandlung das gleiche Resultat, wie die englischen Bearbeiter zu erhalten. Nur durch Zufall sah ich an einigen Präparaten — feinen Schnitten, die ich mit starken Vergrösserungen ohne jeden Zusatz im po-

---

(fig. 9) eines Querschnittes aus der Ossificationsgrenze vom Kaninchen, welche die Verkalkung der Knorpelgrundsubstanz an der genannten Stelle zur Anschauung bringt, werden analoge Folgerungen gezogen. „An derartigen Präparaten, an welchen ein kleiner Antheil Knochensubstanz im Zusammenhang mit dem Knorpel entfernt war, konnte ich den Zusammenhang der Züge des Niederschlages mit ähnlichen im Knochen verfolgen, eine Thatsache, deren Bedeutung bezüglich der Ernährung des Knorpels auf der Hand liegt"!! Zum Theil mag die geringe Zahl der von Thin angefertigten Präparate, zum Theil die wiederholt ausgesprochene Tendenz seiner Arbeit, einen Vergleich zu gewinnen mit den Ergebnissen der Untersuchung anderer Bindesubstanz-Gewebe, erklären, dass diese Täuschungen möglich waren.

larisirten Lichte musterte — als dieselben einzutrocknen begannen, die Bänderung auftreten und beim vollständigen Trocknen wieder verschwinden. — Reeves deutet die Bänder als den Ausdruck einer fibrillären Structur. Mit Recht bemerkt Schwalbe,[1] dass weder Thin noch Reeves die von Tillmanns beschriebene fibrilläre Structur des hyalinen Knorpels gesehen haben. Thin rechnet die Bänderzeichnung zu den negativen Silberbildern; denjenigen also, in welchen die Grundsubstanz gebräunt ist, während die Spalträume einschliesslich der Zellen farblos bleiben. Die weissen Streifen sollen danach feinen Spalträumen nebst (in situ am Knorpel nicht nachgewiesenen) die primären Bündel der Grundsubstanz bekleidenden platten Zellen (die mit solchen der Hornhaut verglichen werden) entsprechen. So manchen Anhalt wir — und ich werde darüber noch Belege beizubringen haben — für eine Vergleichung von Hornhaut und Knorpelgewebe besitzen, so hat das Streben. beide auf einen Typus zu bringen, Thin doch wohl zu weit geführt. So lange nicht andere Behandlungsmethoden, als die von ihm angewandten die Belegzellen der primären Bündel und zwar auch in situ nachweisen, entbehren seine Annahmen der thatsächlichen Begründung.[2]

Gehen wir auf das thatsächlich Vorliegende zurück, so sehen wir abwechselnd dunkler und heller gefärbte Streifen in der Richtung der Zellreihen im Knorpel auftreten. Dieselben fehlen in den der Gelenkfläche nächsten Lagen der Substanz: sie sind am deutlichsten da, wo das knorpelige Gelenkende von dem Knochenschaft abgetragen ist; sie sind blasser je weiter

---

[1] Jahresbericht von Hofmann und Schwalbe für das Jahr 1876. p. 8 ff.

[2] Auch die Deutung, welche Thin dem Silberbild der Oberfläche des Knorpels zuweist, kann ich nicht als erwiesen annehmen; dass, wo Zellen durch ein schmales Gitterwerk von Grundsubstanz getrennt liegen ein epithelähnliches Bild zu Stande kommt ist richtig; die epitheliale oder endotheliale Natur der betreffenden Schicht ist aber damit nicht erwiesen.

wir uns von der Abtragungsfläche entfernen. Wie die Zellreihen, so scheinen an günstigen Schnitten auch die Bänder von dem Ende der Knochenröhre in den Knorpel auszustrahlen. Zwei Möglichkeiten liegen vor: Entweder bestehen abwechselnde Schichten im Knorpel, von welchen die einen sich chemisch mit dem Silber verbinden, die anderen nicht, oder die verschiedenen Lagen unterscheiden sich nur durch den Grad ihrer Imbibitionsfähigkeit, bei sonst gleichem chemischem Verhalten. Dass beide Schichten Silberlösung aufnehmen, mithin die letztere Auffassung richtig sei, beweist uns der Umstand, dass an älteren Präparaten die braune Färbung, wo die Imbibition stärker war, diffus wird, so dass die Streifen sich verlieren. Eine scheinbare Schichtung, wie sie in der Glaskörpersubstanz durch längeres Erhärten in Chromsäure u. s. f. erzeugt wird, liegt nicht vor. Die Schichten müssten sonst annähernd parallel der Ebene verlaufen, von der aus die Lösung eindringt; sie sind aber nachweislich von anderen Verhältnissen abhängig. Beruht die Streifung auf einer schichtweisen Ablagerung der Knorpelsubstanz, so dass abwechselnd dichter und weniger dichte, schwerer und leichter zu imbibirende Lagen erzeugt werden? Ein direckter Beweis dafür ist nicht zu erbringen. Da indessen die Schichtung in den oberflächlichsten Lagen des Knorpels fehlt, so möchte man eher an secundäre Differenzirungen in der nach ihrer Bildung von den einzelnen Zellen aus durch Umwandlung des peripheren Theiles derselben entstandenen und zu einem Continuum gewordenen Grundsubstanz glauben. Entsprechen die Ernährungsbahnen des Knorpels unseren Streifen? Wohl nicht; denn sonst müssten die Farbstoffniederschläge uns diesen Weg anzeigen. Ist endlich etwa die Bänderung erst Folge einer durch die Silberlösung selbst und deren Einwirkung erzeugten Umlagerung der Bestandtheile der Grundsubstanz? Dies ist schon desshalb unwahrscheinlich, weil das Entstehen des Bildes von der Stärke der Lösung unabhängig ist, weil es auch durch andere Agentien (Eintrocknen

vgl. o, Maceration in Jodserum, Thin, Gold- und Anilin-Färbung Reeves) sichtbar wird; ferner weil die Einwirkung dann nur von dem Orte des Eindringens abhinge, mithin die Richtung der Streifen sich nicht an andere Verhältnisse anlehnen dürfte; ferner weil die gleiche Lösung an feinen Schnitten mit zahlreich eröffneten Knorpelhöhlen, von welch letzteren aus sie eindringen kann, eine ganz andere Zeichnung hervorruft. Wir sehen danach in der durch Silbernitrat in Einwirkung auf grössere Knorpelstücke erzeugten Zeichnung den Ausdruck einer durch secundäre Veränderungen der einmal gebildeten Grundsubstanz entstandenen Schichtung aus leichter und schwerer imbibirbaren Lagen.

Man könnte die Frage aufwerfen, ob diese Streifen eine Beziehung besitzen zu den Schichtungen des Knorpels, wie sie sich zuweilen nach entzündlichen Processen finden. Dies ist sicher nicht der Fall; wenn es gelingt, bei jenen Veränderungen die oberflächlichen Schichten des Knorpels in Gestalt dünner Lamellen abzuheben, so ist dies daraus zu erklären, dass ja die Faserbündel im Gelenkknorpel in den oberflächlichen Schichten parallel der Articulationsfläche verlaufen. In den tieferen Schichten, wo die Fasern senkrecht zur Oberfläche orientirt sind, zerklüftet die Grundsubstanz gleichfalls in den Fibrillen entsprechender Richtung; statt in abhebbare Lamellen zerfällt daher der Knorpel in frei in die Gelenkhöhle ragende zottenähnliche Bildungen.[1] Auch aus anderen Gründen lässt sich der Vergleich des Knorpels mit anderen lamellös geschichteten Geweben auf Grund dieses Bildes wenigstens nicht halten. Die

---

[1] Vergl. u. a. Cornil et Ranvier, Weichselbaum. a. a. O. Eine der ersten Beschreibungen dieser Zerfaserung, der Gelenkfläche parallel in den oberflächlichen, senkrecht zu ihr in den tiefen Lagen gibt Führer (Die verschiedenen Formen der Gelenkentzündung in pathologisch anatomischer Beziehung. Virchow's Archiv. Bd. V. p. 129 ff.) 1853.

Knorpellacune ist nicht zwischen zwei Lamellen eingeschlossen, sondern es grenzen an eine Höhle, wie man an dickeren Schnitten leicht sehen kann, oft 5—6 Schichten, die geradezu von der zellhaltigen Lücke durchbohrt sind. Selbst wenn man die Streifen als primäre Lamellen ansehen wollte, so wäre keinerlei Möglichkeit gegeben, Hauptlamellen gleich jenen der Hornhaut abzugliedern. Eine Analogie mit den Verhältnissen der letzteren zeigt uns dagegen die Orientirung der Zellen nach derselben Seite (zur Gelenkhöhle am Aussen-, zur Markhöhle am Innenknorpel) der sie bergenden Lacunen; ähnlich wie in der Cornea, wenigstens in den hinteren Schichten nach der der Membrana Descemetii zugekehrten Seite der Spalten.[1] — Merkwürdig sind die Umwandlungen des Bildes in den Theilen in welchen sich Verkalkungen finden; dass an verkalkenden Stellen die Knorpelsubstanz weicher, leichter durchdringlich für manche Farbstoffe wird, ist bekannt. Das Breiterwerden der Streifen beider Art erscheint uns fast als eine Art Quellung, die gleichmässig die dichteren und weniger dichten Substanzen betrifft, so dass deren Differenz relativ geringer, die Streifung blasser erscheint. — Unverständlich ist mir das Verhalten des Silber-Niederschlages da, wo er als intensive Schwärzung in Gestalt zackiger und buchtig begrenzter, breiter Zonen in der Peripherie der Verkalkungen auftritt; es sind nicht allein die verkalkten Stellen, die durch braune Färbung und rissige Zerklüftung leicht zu erkennen sind, sondern auch noch unverkalkte Stellen des Knorpels (die aber stets so liegen, dass sie unmittelbar der Verkalkung entgegensehen), in welchen ein diffuser Silberniederschlag auftritt. Die Grenze der wirklich verkalkten und der noch in Vorbereitung befindlichen Stellen lässt sich nicht nachweisen.

[1] Vergl. u. a. Schweigger Seidel. Ueber die Grundsubstanz und die Zellen der Hornhaut des Auges. Arbeiten aus der physiol. Anstalt zu Leipzig 1869. p. 121 ff.

Gehen wir über zu dem Resultat der Silberimprägnation feiner Schnitte unseres Objectes, so erhalten wir einige Ergänzungen zu den Ergebnissen der bisher verwandten Methode. Hier muss man nun äusserst vorsichtig verfahren. Zu oft ist mit Recht die Gefahr der Verwechselung zufälliger, oberflächlicher Niederschläge mit auf inneren Structurverhältnissen beruhenden Zeichnungen betont worden, als dass man die ersteren ignoriren dürfte. Das Verfahren der Imprägnation blieb das gleiche. Weder aber conserviren sich die erhaltenen Präparate so gut wie die bisher besprochenen, noch sind sie so gleichmässig brauchbar wie jene. Oberflächliche Silberniederschläge können leicht durch Heben und Senken des Tubus als solche erkannt werden; vorwiegend häufig treten dieselben da auf, wo beginnende Verkalkungen eine besonders günstige Oertlichkeit für die Bildung des Silberniederschlages abgeben.

Die Zeichnung, welche wir hier zu beschreiben haben, gehört zu den sogenannten positiven Bildern. Die Hauptmasse der Grundsubstanz bleibt farblos. Nur die Zellen mit einem Theil ihrer Umgebung sind gefärbt und zwar in violettem bis schwarzem Ton. Unsere Abbildung (Tafel IV., Fig. 2) ist insofern nicht ganz genau, als der Zwischenraum zwischen den Zellen etwas verringert wurde, um das Wichtigste in eine Zeichnung zusammendrängen zu können. Die Zellen erfüllen auch hier, in Folge von Schrumpfung oft nur einen Theil der Höhle: sie befinden sich je nach der Schnittrichtung im Centrum oder an einer Wand derselben; ihr Aussehen ist körnig, so zwar, dass zwischen feineren Körnern dickere runde Flecke, oft von erheblicher Grösse unregelmässig angeordnet sind; andere Zellen sind bei lichterer Färbung — alle Formen finden sich in demselben Präparat — fein granulirt, mit grossem bläschenförmigen Kern; seltener kommt es vor, dass eine Zelle stark geschrumpft mit deutlichem pericellularem, hellem Raum innerhalb der Höhle aus einem sich netzförmig präsentirenden Pro-

toplasmaklumpen mit feinen von ihm an die Wand der Lacune hinziehenden Bälkchen besteht. Die Umgebung der Zellen zeigt eine körnige Trübung der Grundsubstanz durch Silberniederschläge, die hofartig die Lacune in ihrem ganzen Umfang oder nur theilweise umgeben; es können die Höfe mehrerer Knorpelhöhlen confluiren. Oft tritt ein schmaler Saum in der Umrandung der Knorpelhöhle durch intensivere und homogenere Färbung innerhalb des körnigen Niederschlages hervor. Ersterer umgibt aber selten die ganze Höhle sondern zeigt meist die Gestalt eines schmalen Halbmondes, der von der gleichfalls durch dunklere Färbung ausgezeichneten Zellmasse durch einen lichteren Saum getrennt ist. Es findet sich dieser dunkele Saum zumeist, aber durchaus nicht immer da, wo die Zellmasse der Wandung zunächst liegt. Die Umgrenzung der Höhle ist meist nicht scharfrandig sondern mehr oder minder granulirt.

Die Deutung dieses Bildes bietet grosse Schwierigkeiten und gestehe ich gerne, dass ich derselben noch nicht Herr zu werden vermag. Als erste Bedingung für seine Entstehung scheint mir sicher zu sein, dass es nur da zu Stande kommt, wo in der Nähe Verkalkungen sich finden, wo also höchst wahrscheinlich eine Art Quellung oder Lockerung des Gefüges eingetreten ist.[1] Weiter findet sich der Hof um die Lacune (wenn überhaupt) nur äusserst selten, wo aus letzterer die Zelle herausgefallen ist; an feineren Schnitten, in welchen dies häufiger geschieht, sind daher die betreffenden Bilder weniger zahlreich. Es muss also eine Beziehung zwischen der Existenz der Zelle in ihrer Höhle und dem Auftreten der Zeichnung bestehen, eine Beziehung, die sich darin manifestirt, dass vielfach, wenigstens wo die Zelle excentrisch liegt, das Auftreten der umgebenden Trübung sich auf die entsprechende Partie der

[1] Dass eine solche bei der Knorpelverkalkung beim Frosche stattfinde, hat u. a. Bruch „Ueber periphere Verknöcherung bei Fröschen", Würzburg. naturw. Zeitschr. II. Bd. 1861, dargethan.

Grundsubstanz beschränkt. Auch an den durch Totalversilberung gewonnenen Praeparaten sahen wir eine fleckige Färbung der Grundsubstanz, da wo die Zelle letzterer anliegt, entstehen. Ich war früher zu der Annahme geneigt, dass das Bild nur da zu Stande komme, wo die Knorpelhöhle angeschnitten ist, und so nach Imbibition zunächst des Protoplasma's von dem letzteren aus die Salzlösung weiter gelange. Ich kann dies nach neueren Praeparaten nicht mehr für unzweifelhaft halten. — Auf alle Fälle zeigt sich uns eine Beziehung der Zelle zur Grundsubstanz festgestellt, die der Beachtung werth ist. Die der Zelle nächst stehenden Partien der Grundsubstanz theilen mit ihr die Anziehungskraft für gewisse Einlagerungen. Mag primär die Silberlösung in die Zellhöhle eingedrungen sein und sich von da in die Grundsubstanz verbreiten, oder mag umgekehrt — was der Bildung des positiven aus dem negativen Silberbild der Hornhaut analog wäre — der ursprünglich diffuse Silberniederschlag durch spätere Veränderungen in die Zellen oder in die Knorpelhöhle gelangen, sicher ist die Entstehung des Bildes in einer gewissen Abhängigkeit von dem Vorhandensein der Zellen, ferner davon, dass die Zelle in einer möglichst ausgedehnten Beziehung mit der Grundsubstanz stehe; da wo die Zelle sich retrahirt hat (vgl. d. Abbildung), da ferner, wo sie fehlt, bleibt auch die Grundsubstanz ungefärbt. Das lässt sich nur erklären aus der Existenz einer Continuität der Zelle mit dem den Niederschlag aufnehmenden Theil der Grundsubstanz. Ohne Einfluss auf diese Auffassung ist es, wenn vielleicht die Entstehung des Bildes zusammenhängt mit einer zugleich in der Zelle und in deren Umgebung erscheinenden Entartung oder Veränderung, die der Verkalkung vorausgeht. Nur möchte ich noch daran erinnern, dass mehrfach im verkalkten Knorpel[1]

---

[1] Z. B. von Aeby, Ueber die Symphysis ossium pubis u. s. f. Zeitschrift für rat. Med. IV. R. Bd. IV, 1858.

radiäre Zeichnungen in den Knorpelkapseln gesehen wurden, die am unveränderten Object, wie aus Arnold's Indigcarminfärbungen hervorgeht, wohl vorhanden, aber durch die gewöhnlichen Mittel nicht nachweisbar sind. Ferner sei noch auf die Aehnlichkeit des hier beschriebenen Silberbildes mit den pericellulären Trübungen, wie sie im Rippenknorpel, insbesondere älterer Leute so leicht nachzuweisen sind, ferner auf dessen Aehnlichkeit mit der Anordnung körniger Entartungen z. B. in den Luftröhrenknorpeln hingewiesen. An letzterem Object habe ich mich bei der Untersuchung einer alten Tracheotomie-Narbe in besonders klarer Weise von der Gleichzeitigkeit der Entartung im Inneren der Zellhöhle und in deren Umgebung überzeugen können. Nur beiläufig sei schliesslich erwähnt, dass neben dem erwähnten auch ein negatives Silberbild an den gleichen Praeparaten zur Anschauung kommen konnte; die Grundsubstanz war gleichmässig grau gefärbt, lichtere Stellen deuteten die Zellterritoriengrenzen an; irgend welche Differenzirungen von Saftkanälchen ähnlichen Zeichnungen habe ich nicht gesehen. Alle hier gemachten Angaben betreffen nur den Aussenknorpel. Als wesentliches Ergebniss finden wir aus der Beschreibung des Silberbildes, wie es die Imprägnation einzelner Knorpelschnitte liefert, festgestellt, dass die Entstehung desselben von dem Vorhandensein der Zelle bis zu einem gewissen Grad abhängig, dass sie ferner nur durch eine nähere Beziehung der Zellsubstanz zu einem Theil der Grundsubstanz erklärlich ist.

Hinsichtlich der Ergebnisse anderer Behandlungs-Methoden des Gelenkknorpels vom Frosch kann ich mich kurz fassen. Die Versilberung mittelst des Heitzmann'schen Verfahrens (Bestreichen der Oberfläche mit dem Höllensteinstift) ergab kein bemerkenswerthes Resultat; ebenso die Behandlung des frischen wie des in Weingeist erhärteten Knorpels nach Fürbringer's Methode. Durch Vergoldung kamen hingegen einige das Ver-

hältniss der Zelle zur Grundsubstanz illustrirende Einzelheiten zur Anschauung. Die Anwendung der Goldlösung sowohl auf ganze Knorpelstücke als auf feine Schnitte gab ziemlich dieselben Resultate. Insofern oberflächliche Niederschläge ausgeschlossen bleiben, sind die Totalvergoldungen vorzuziehen; insofern man, da die Goldlösung nicht weit in die Tiefe dringt an aus solchen entnommenen Schnitten nur eine kleine Fläche imprägnirt findet, an einzeln vergoldeten Schnitten deren ganze Ausdehnung brauchbar ist, gewähren wiederum Praeparate der letzteren Art einen Vortheil. Die zu imprägnirenden Theile bleiben in einer 1/4—1 % Lösung bis sie strohgelb erscheinen, dann werden sie mit Glasnadeln in mit schwach angesäuertem Wasser (1 Tropfen Essigsäure auf 1 Uhrglas) gefüllte Schalen übertragen, in welchen sie auf weisser Unterlage so lange dem direkten Sonnenlicht exponirt bleiben bis eine schön carminrothe oder rothviolette Färbung eingetreten ist. Je länger die Reduction dauert, desto grösser sind die Chançen, dass das Praeparat unverändert conservirt werden kann. Schnitte aus „totalvergoldeten“ Knorpelstücken dürfen erst angefertigt werden, wenn die Reduction vollständig beendet ist. Die Aufbewahrung erfolgt in Glycerin oder Canadabalsam. Praeparate, die ich seit fast 3 Jahren aufhebe sind noch brauchbar, obwohl sie dem Licht auf längere Zeit ausgesetzt waren. Besser scheinen sich diejenigen Praeparate zu halten, die eine rein rothe Farbe, als solche die eine violette oder blaue Nüançe zeigen. Merkwürdig ist die Resistenz einmal gelungener Praeparate. Vollständig eingetrocknete Schnitte waren nach dem Aufweichen so wenig verändert, dass die Versuchung nahe lag, sie zu erhalten. Dass ich nicht diese der Beschreibung zu Grunde lege, ist selbstverständlich. — Die besten Präparate zeigen die Grundsubstanz in schöner zart blassrother Färbung; die verkalkten Stellen sind dunkler von körniger Beschaffenheit. Die Zellen sind violett, deutlich gegen die Grundsubstanz hervortretend, der Kern in ihnen meistens

sichtbar als dunkel violetter, runder, scharf begrenzter Fleck. Ein oberflächlicher Saum an den senkrecht zur Gelenkfläche geführten Schnitten zeigt sich auch hier, ähnlich wie bei Präparaten aus in toto versilberten Knorpelstücken ungefärbt. Die der Gelenkfläche nächste Zellenlage gibt hier das positive Bild in Gestalt eines fast epithelial erscheinenden Stratum violetter durch ein weisses oder blassrothes Gitter getrennter Zellen im Gegensatz zu dem früher erwähnten negativen (Silber) Bilde eines schwarzen Maschenwerkes mit lichten Zellräumen.

Eine genauere Betrachtung der Präparate zeigt nun, dass nur ein kleiner Theil der Knorpelhöhlen von violett gefärbter Zellmasse vollständig ausgefüllt ist. Vielfach findet sich die violette Masse geschrumpft in der Zellhöhle, von einer „pericellulären“ oder „Rand“-Substanz umgeben. Die centrale, dunkelgefärbte Masse, den Kern umhüllend, sendet spitz auslaufende Fortsätze gegen die Wand der Knorpelhöhlen aus, durch deren grosse Zahl sie wie mit Stacheln besetzt erscheint. Am besten erkennt man diese Fortsätze dann, wenn die platte Zelle von der schmalen Seite gesehen wird. Die Fortsätze erreichen die Wandung in der Regel nicht, mit ihrer Existenz hängt aber sicher zusammen, dass die gesammte lichtere Randsubstanz eine äusserst feine, aber unverkennbar deutliche, radiäre Streifung zeigt, die zuweilen in die Grundsubstanz überzugehen scheint; andere Zellen präsentiren eine netzförmige Beschaffenheit des Protoplasma in der von Heitzmann geschilderten Weise; ein derartig reticulirtes Aussehen zeigt übrigens auch die dunkele centrale Masse der vorher beschriebenen Zellen. Andere Zellen endlich sind feinkörnig ohne eine derartig deutliche Structur; vielleicht würden stärkere Vergrösserungen hier mehr ergeben; fast will es mir scheinen, als wenn gerade diese Art allein als den Verhältnissen der lebenden Zellen conform aufgefasst werden dürfte, alle anderen Bilder durch Contractionen des Protoplasma erzeugt wären. Endlich finden sich in Umgebung ver-

kalkender Stellen und innerhalb derselben Zellen, die ihre Höhle ganz erfüllen, platt, mit scharf begrenztem Kern, ganz homogener Substanz, meist genau elliptisch, so dass sie rothen Blutkörperchen des Frosches gleichen. Das Aussehen der Zellen ist mithin ein höchst mannigfaltiges; Uebergänge zwischen den bisher erörterten Formen sind zahlreich vorhanden. Die Schnittrichtung, Anliegen des körnigen Theiles der Zellsubstanz an dieser oder jener Wand der Zellhöhle modificiren das Bild in hohem Grade.

Alle geschilderten Verhältnisse weissen uns nun aber auch hier auf einen innigen Zusammenhang zwischen Zelle und Grundsubstanz. Wo sich der körnige Theil der Zellensubstanz zu einer centralen Masse contrahirt hat, bestehen gegen die Zellhöhlenwand gerichtete Fortsätze, zeigt die Randsubstanz radiäre Streifen, unwillkürlich uns auf einen Anschluss an die mehr erwähnten und später zu schildernden Streifen der Knorpelkapsel — letztere ist an unserem Object nicht zu sehen — hinweisend.

Ausserdem existiren nun aber wirklich nachweisbare Fortsetzungen der Zellsubstanz über die Umgrenzung der Knorpelhöhle hinaus zur Grundsubstanz. Frommann[1] fand vorwiegend im Knorpel von Säugethieren, jedoch nicht an allen Zellen und bei Amphibien weit seltener als beim Schwein und beim Rind feine Fäserchen aus der Zelle in die Grundsubstanz eingehen. Hertwig[2] sah an mit Osmiumsäure behandeltem Netzknorpel feinste Protoplasmafortsätze in die von ihm beobachteten Poren der Kapsel eindringen. Vor allem aber hat Heitzmann[3] Fort-

---

[1] Untersuchungen über die normale und pathologische Anatomie des Rückenmarkes. II. Theil, Jena, 1867, p. 29—30.

[2] Ueber den Bau und die Entwicklung der elastischen Gewebe im Netzknorpel. Archiv für mikroskop. Anatom. 1873. IX. Bd. p. 80 ff.

[3] Studien am Knochen und Knorpel. Wiener medic. Jahrb. 1872: Abbildungen Tafel XI. und: Untersuchungen über das Protoplasma II. Das Verhältniss zwischen Protoplasma und Grundsubstanz am Thierkörper. Wiener Sitzungsber. LXVII. Bd. III. Abthlg. 1873. — Cilienartige Fortsätze geschrumpfter Knorpelzellen, die mit den von uns oben beschriebenen

setzungen der Knorpelzellen in die Grundsubstanz ausführlich nachzuweisen versucht. Sein Untersuchungsobject war: Knorpel von Säugethieren; seine Methode: Silber- und Goldbehandlung. Ausser feinen, cilienartigen Fortsätzen des Protoplasma in die Grundsubstanz beschreibt er ein die letztere durchsetzendes Netzwerk, welches nur durch starke Goldfärbung sich nachweisen lässt. Ich konnte mich nicht entschliessen, Präparate in Anwendung zu ziehen, die so lange der Goldlösung ausgesetzt waren wie bei Heitzmann's starker Goldfärbung (bis zu 12 Stunden), aber auch bei ganz schwach gefärbten Präparaten erhält man leicht Bilder, wie unsere Fig. 3, Tafel IV, in welchen die Grundsubstanz im ganzen Umfang der Zelle körnige Linien aufweist, die nahe derselben oft zusammenfliessend einen sie auf kurze Strecken umhüllenden Saum bilden, zuweilen sich vereinigen können und sich nach aussen zu verlieren scheinen. Aber es gelang mir nicht — und die Abbildung soll gerade das illustriren — den Zusammenhang dieser Zeichnung mit dem Zellkörper, (der in unserem Falle sehr fein gekörnt der Zellwand anliegt) zu sehen; es blieb eine Grenzcontur, die nicht durchbrochen wurde. Dagegen konnte ich mich an anderen Zellen überzeugen, dass, abgesehen von den radiären Streifen der pericellulären lichten Zone, wenn der körnige Theil der Zelle einer Wand der Knorpelhöhle anlag, also nicht eine Centralmasse darstellte, von seinen fein granulirten Fortsätzen ein oder der andere sich in der That in die Grundsubstanz verfolgen liess. Doch konnte ich dies nur so selten sehen, dass erst der sichere Befund von radiär in die Grundsubstanz eindringenden Spalten mich vollständig zu überzeugen vermochte. Es lässt sich die Seltenheit eines solchen Befundes leicht verstehen, wenn wir in's Auge fassen, dass jedenfalls verschiedene Bedingungen zu-

---

offenbar identisch sind beschreibt auch Prudden. Beobachtungen am lebenden Knorpel. Virchow's Archiv. Bd. LXXV. 1879. p. 185 ff.

sammentreffen müssen, um ihn zu ermöglichen. Schon Hertwig (l. c.) erwähnt, dass die von ihm beschriebenen Kanälchen in der Regel nicht im ganzen Umfange der Zellwand entspringen. Dass die vorhandenen Fortsätze nicht von gleicher Stärke sind, zeigt uns das Verhalten der Zellen im Knorpel der Cephalopoden, wo eine Anzahl der Ausläufer zerreisst, während sich die Zelle nach der Seite hinzieht, wo stärkere Protoplasmastränge der Retraction Widerstand geleistet haben. Offenbar müssen also günstige Umstände zusammentreffen, damit wir das Eindringen der Zellausläufer beobachten können; geeignete Schnittrichtung, Ungleichheit der Ausläufer, so dass einzelne noch körniges Protoplasma enthalten u. s. f.; nur Fortsätze der letzteren Art werden im Inneren der Grundsubstanz sich verfolgen lassen. Die überwiegende Zahl der den Zellkörper mit der Grundsubstanz verbindenden Fäden besteht jedenfalls nur aus dem homogenen Theil des Protoplasmas; daher werden trotz der Existenz der radiären Spalten in der Knorpelhöhlenwand sich dieselben nicht leicht nachweisen lassen, es müsste denn gelingen ein Färbungsmittel, welches nur das „Hyaloplasma" tingirt, ausfindig zu machen.

Die Existenz von solchen radiären Spalten nun weist uns eine andere Methode leicht nach, nämlich die Anwendung der Chromsäure in Verbindung mit Ueberosmiumsäure. Hauptsächlich im Innenknorpel zeigt uns starke Vergrösserung an feinen Schnitten, aus deren Höhlen die Zellen herausgefallen sind, jene „Porenkanäle", meist nur nach einer Seite hin strahlend, nur selten den ganzen Umfang der Höhle einnehmend. Wo die Zelle noch vorhanden, finden wir eine feine, nur schwer sichtbare Strichelung der Grundsubstanz der Zelle sich da anschliessen, wo sie der Wand anliegt. Die schrumpfende Wirkung des Reagens hat die Spalten evident erweitert, sonst müssten wir dieselben auch an anderen Präparaten sehen; dass sie nicht Kunstproduct, sondern von gegebenen Structur-Verhältnissen

abhängig, beweist die Uebereinstimmung mit der Anordnung der Farbstoff-Ablagerungen Arnold's.

Die Goldbehandlung zeigt, dass die Zelle im Knorpel unter Einflüssen steht, die bewirken, dass bei Schrumpfungen derselben radiäre Structuren sichtbar werden, welche mit den Porenkanälen der Grundsubstanz gleiche Anordnung zeigen, dass ferner ausnahmsweise auch stärkere Fortsätze der Zellen in die Grundsubstanz existiren.

Die Chrom-Osmiumwirkung weist uns die Existenz feiner Spalten, die radiär von den Zellen ausgehen, nach.

Es ist nicht wohl denkbar, dass die von Prudden, Heitzmann, Hertwig, Fromann und mir gesehenen cilienartigen Fortsätze des Zellkörpers ohne Beziehung zu den, an so vielen Objecten constatirten radiären Zeichnungen der nächsten Umgebung der Knorpelhöhle seien. Wir gelangen danach zu dem Ergebniss, dass die Verbindung von Zelle und Grundsubstanz. welche wir auf Grund des vorhin betrachteten Silberbildes, auf Grund der mit diesem übereinstimmenden Gleichartigkeit und Gleichzeitigkeit der Entartungsprocesse in Knorpelzelle und Grundsubstanz annehmen mussten, durch in die Grundsubstanz eindringende feine Ausläufer der Zelle hergestellt wird, Ausläufer, die uns nur ausnahmsweise sichtbar werden, dann nämlich, wenn auch der körnige Theil der Zellsubstanz in dieselben eingeht.

C. VOM INTERVERTEBRALKNORPEL DES TRITON TAENIATUS.

Die Befunde an diesem Objecte traten mir gelegentlich anderer Untersuchungen entgegen, deren ausführliche Veröffentlichung ich in nächster Zeit beabsichtige. Dies mag es recht-

fertigen, wenn ich von einer Schilderung dieses Knorpels absehe, da ja ausserdem von Gegenbaur[1] derselbe ausführlich besprochen ist. Untersucht wurde derselbe an Schnitten von Präparaten, die behufs der Entkalkung der angrenzenden Knochentheile mit Chromsäure oder Pikrinsäure behandelt waren, danach durchgefärbt und theils feucht, theils trocken geschnitten wurden. Die Präparate wurden in Canadabalsam aufbewahrt. Die Grundsubstanz ist wie auch in anderen Knorpeln des Thieres nicht sehr reichlich; die Kapseln sehr deutlich; die Zellterritoriengrenzen sind schon am frischen Präparat durch körnige Trübungen in der Grundsubstanz angedeutet.[1] Diese Trübungen können sich da wo mehrere Zellhöhlen aneinandergrenzend grösseren Raum frei lassen verbreitern. Ist ein Zellbezirk in dem Schnitt nur gestreift, so kann es scheinen, als ob die körnigen Streifen auseinanderweichend ein Feld homogener Grundsubstanz umfassten. Zwei Befunde nun habe ich hier dem bekannten hinzuzufügen. Einmal kommt es an feinen Schnitten leicht zum Zerfall in den Zellterritoriengrenzen entsprechender Richtung; von den betreffenden Stellen aus ziehen zahlreiche radiäre Spalten zu den nächsten Zellhöhlen hin, bis an diese selbst herantretend, so dass das Bild eines Systemes die Zellbezirke im Ring umgebender Spalten mit Seitenkanälen zu den Zellhöhlen entsteht. Dieser Zerfall ist sicher nur Folge der austrocknenden Behandlung bei der Conservirung des Schnittes. Dass die Hauptspalten einem bekannten Structurverhältniss, der Verbindung der von verschiedenen Zellen sich herleitenden Grundsubstanzbezirke folgen, steht fest. Dafür, dass auch die Seitenspalten nicht einfache Brüche, sondern in ihrer Richtung von bestehenden Structuren abhängig sind, spricht ausser an-

---

[1] Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Wirbelsäule der Amphibien und Reptilien. Leipzig 1862.

[2] Vgl. die Abbildung von Rollett in Stricker's Handbuch der Gewebelehre. p. 71.

derem der Umstand, dass sie nicht den kürzesten Weg nehmen, sondern oft leicht wellig verlaufen. Interessanter erscheint aber der andere Befund. Wiederholt zeigen sich nämlich von der Knorpelgrundsubstanz umschlossene Kerne, ohne umgebendes Protoplasma, ohne nachweisbare Abgrenzung einer Zellhöhle.[1] Dies Vorkommen ist ein sehr seltenes und lässt sich nur schwer deuten. Es will mir scheinen, als ob es in Beziehung zu der Frage gebracht werden müsse, ob bei der Bildung der Bindesubstanzen einzelne Zellen schliesslich ganz und gar in Grundsubstanz aufgehen können. Vielleicht sind die beschriebenen isolirten Kerne bei allmäliger vollständiger Umwandlung einzelner Zellen in Grundsubstanz zurückgebliebene Reste; doch spricht dagegen, dass die Oertlichkeit, wo wir die Kerne sehen, durchaus nicht den Eindruck macht, als ob hier relativ mehr Grundsubstanz geliefert worden sei, als an anderen Stellen.[2] Eher bin ich geneigt anzunehmen, dass einzelne Zellen vielleicht durch mechanische Ursachen verkümmern oder rückgebildet werden, unter längerem Bestand der Kerne. Für letztere Ansicht spricht vielleicht die Lage des Kernes bei einer der Beobachtungen (Tafel IV. Fig. 7) in einem von körnigen Grenzlinien umschlossenen rhombischen Felde der Grundsubstanz.

Als wesentliches Ergebniss haben wir hier zu verzeichnen, Zerklüftungen im Anschluss an präformirte Struc-

---

[1] Es wurde sorgfältig darauf geachtet, dass nicht etwa der rückgebildete intervertebrale Chordarest oder Gebilde aus der angrenzenden Markhöhle zu Täuschungen Anlass geben konnten. Wahrscheinlich ist mir sogar, dass auch in dem Theile der Knorpel der Tritonen-Wirbelsäule, dem eine Chorda-Anlage nicht zu Grunde liegt (vgl. Sitzungsber. der phys. med. Gesellsch. zu Würzburg f. d. J. 1878), solche isolirten Kerne vorkommen. Beide Beobachtungen finden sich sowohl in dem die Pfanne tragenden als in dem den Gelenkkopf bildenden Knorpelstück, und zwar nicht unmittelbar an der Articulationsfläche.

[2] Bezüglich der Rippenknorpel findet sich u. a. bei Broder, aber auch schon früher die Angabe, dass durch immer neue Anschoppung von Grundsubstanz schliesslich nur noch von letzterer direct umschlossene Kerne zurückbleiben können.

turverhältnisse; ausserdem Persistenz von Kernen innerhalb der Grundsubstanz ohne umgebendes Protoplasma.

D. VOM KNORPEL DER SÄUGETHIERE.

Die Resultate am Säugethierknorpel lassen sich im Vergleich zu den Schwierigkeiten, und zu dem Zeitaufwand, welche ihre Constatirung bereitet, kurz zusammenfassen. Von den bisher benutzten verschiedene Methoden habe ich hier nicht zu verzeichnen; manches von den Ergebnissen ist bereits in den früheren Abschnitten dargestellt worden.

Die Imprägnation mit Silbernitrat wurde meist in der von Heitzmann geübten Weise ausgeführt; die frisch anspräparirten Gelenkflächen (meist der Kopf des Oberschenkels und des Oberarmes, dann die Condylen des Kniegelenktheiles des erstgenannten Knochens von verschiedenen Säugethieren) wurden, theilweise nach vorgängiger Abspülung der Synovia, mit dem Höllensteinstifte bestrichen, dann in destillirtem oder Brunnenwasser dem Licht ausgesetzt und nach mehrstündiger Reduction in Schnitte zerlegt. Anfangs scheinen nur die oberflächlichsten Schnitte brauchbar; nach einiger Zeit färben sich, wie schon Heitzmann angiebt, auch die tieferen Stellen. Die der Oberfläche entnommenen Schnitte wurden nicht benutzt; über das hier, namentlich an den Randtheilen der Gelenkflächen auftretende keratoide Silberbild wurde bereits an einer anderen Stelle gelegentlich der Tillmanns'schen Einwände gegen die Ergebnisse der Silberbehandlung verhandelt. — Die Präparate halten sich sehr schlecht; mit Ausnahme eines einzigen (von dem Femur der Ratte — Canadabalsam —) unter zahlreichen zum Theil erst seit ½ Jahr aufbewahrten Objecten zeigt kein einziges so viel, dass es die Conservirung gelohnt hätte. Nur die keratoiden Bilder, vor Allem aber Silberpräparate von Faserknorpeln lohnen die Aufbewahrung. Die Imprägnation ganzer Knorpelstücke in

Silbernitratlösung liefert die gleichen Ergebnisse wie am Knorpel des Frosches; wir haben derselben bereits oben gedacht; das untersuchte Object waren meist die Epiphysen kleinerer Knochen vom Kätzchen. Die Versilberung einzelner Schnitte gab theils den Heitzmann'schen entsprechende Bilder, theils die von Loewe[1] beschriebenen Zeichnungen. Auf letztere kommen wir nochmals zurück.

An gut gelungenen Präparaten, die in der von Heitzmann beschriebenen Weise mit Silber imprägnirt sind, zeigt sich ein Bild, wie es Fig. 1, Tafel III wiedergiebt. Die Knorpelhöhlen sind erfüllt von einem Maschenwerk heller Linien, zwischen denen dunkele, runde Flecken, grösser am Rande der Lacune als im Inneren, eingeschlossen sind. Am Goldpräparat, an Pikrocarminpräparaten u. a. findet man dunkele Maschen in ganz gleicher Weise helle Vacuolen einschliessen;[2] wir sehen so ein negatives und ein positives Bild im Zellkörper analog derartigen Bildern an anderen Objecten. Genzmer[3] sucht dieselben auf einen peripheren Körnchenkranz zurückzuführen; ich halte dies nicht für eine ausreichende Erklärung; viel plausibler ist es, die Maschenbildungen mit den von Frommann, Heitzmann und neuerdings ja auch von anderen an den verschiedensten Objecten dargestellten Netzwerken zusammenzustellen. Dass in den verkalkenden Knorpeln schon seit langer Zeit die Zelle umgebende periphere Körnchenreihen bekannt sind, spricht nicht gegen diese Auslegung: das Bild hat übrigens keine Bedeutung für unsere Untersuchungen. Die Grundsubstanz nun ist in der Umgebung dieser Zellen von äusserst zarten radiären Streifen durchsetzt, welche theils geradlinig, theils leicht gekrümmt von der Zelle

[1] Wiener medicinische Jahrbücher 1874, p. 257.

[1] vgl. Heitzmann, Untersuchungen über das Protoplasma II. Das Verhältniss zwischen Protoplasma und Grundsubstanz im Thierkörper, Taf. I. Fig. I. Wiener Sitzungsberichte LXVII. Bd. III. Abth.

[2] Ueber die Reaction des hyalinen Knorpels auf Entzündungsreize u. s. f. Virchow's Archiv. Bd. LXVII. p. 75 ff.

ausstrahlen, peripher mit den von anderen Zellen ausgehenden sich verbindend. Die Streifen sind so fein, dass sie nur mit den stärksten Vergrösserungen und bei sorgfältigster (centrischer) Beleuchtung in der in unserer Abbildung dargestellten Deutlichkeit hervortreten. Meist bestehen sie nur kurze Zeit; Tafel III. Fig. 3 zeigt uns ein Präparat, das, als ich es dem Zeichner übergab in exquisiter Weise die radiäre Structur aufwies, zwei Stunden später aber nur noch parallel angeordnete Linien enthielt, die, von den Knorpelhöhlen ausgehend, ziemlich gleich gerichtet, die Grundsubstanz von Zelle zu Zelle durchsetzten. Der Vergleich mit dem durch Osmiumbehandlung erhaltenen Präparat Fig. 4, Tafel III lehrt uns, dass als Rest der radiären Zeichnung „Bubnoff'sche" Linien übergeblieben sind. Ich konnte mich überzeugen, dass durch allmäliges Verschwinden eines Theiles der radiären Streifen schliesslich, in vielen Fällen wenigstens, einzelne die Grundsubstanz durchsetzende Linien zurückbleiben. Auch die Zellen blieben nicht unverändert; es scheiden sich grössere Vacuolen in ihnen ab; sie retrahiren sich von der Wandung der sie bergenden Lacune; so erhält sich keine Spur des ursprünglichen Bildes. Hervorheben muss ich, dass häufiger als parallel angeordnete Linien radiär in der von Budge dargestellten Weise von den Knorpelhöhlen ausstrahlende, sich durch Querstreifen verbindende Züge zurückbleiben.

Das hier geschilderte Bild ist nicht neu, wenn auch meines Wissens noch nicht als Product der Silberimprägnation beschrieben. Dargestellt ist es von Heidenhain[1] und von Broder.[2] Aber auch schon Remack[3] hat offenbar dasselbe gekannt, wenn er der Knorpelgrundsubstanz, oder wie er sie nennt „Parie-

[1] Studien aus dem physiologischen Institut zu Breslau. II. Heft. 1863.

[2] Ein Beitrag zur Histologie des Knorpels. Dissert. Zürich 1865.

[3] Ueber die Entstehung des Bindegewebes und des Knorpels. Archiv f. Anatomie 1852. p. 63 ff.

talsubstanz" ein strahliges Gefüge zuweist. „Die Knorpelschichten unterscheiden sich von der Zellmembran und dem Primordialschlauch nicht blos durch ihre Dicke und durch ihre lichtbrechenden Eigenschaften, sondern auch durch ein strahliges Gefüge; sie sehen aus als beständen sie aus feinen Stäbchen, die im Sinne von Radien der Knorpelblasen gestellt sind." Ich glaube in der That, dass man sich an Remack's Auffassung anschliessen muss, um das in Rede stehende Bild deuten zu können. Es müssen in radiärer Anordnung dichtere und weniger dichte Substanzen da bestehen, wo im Knorpel sich jenes Verhalten zeigt. Durch nachträgliche Veränderungen verliert sich die optische Ungleichheit, welche in der radiären Zeichnung sich manifestirt hat. Diese Veränderung beruht dem Anscheine nach auf einem Schrumpfungsvorgang; das zeigt uns die gleichzeitige Umformung der Zellen (Verdichtung des Protoplasma, Vacuolenbildung); dabei klafft die Knorpelgrundsubstanz an durch geringeren Zusammenhalt hierzu günstigen Stellen, welche nun als Bubnoff'sche Linien sichtbar sind. — Es setzt diese Hypothese voraus, dass in der Grundsubstanz zähweiche, halbflüssige Bestandtheile mit festeren untermischt sind, eine Annahme, die hinsichtlich der Verbindung der Knorpelfibrillen durch die mucinhaltige Kittsubstanz schon lange besteht.

Die radiäre Structur, die wir hier besprachen, fand ich nur bei jungen Thieren; an älteren Thieren bot nur die Kapsel die radiäre Streifung dar. Die Hauptmasse der Grundsubstanz (die Intercellularsubstanz vieler Autoren) zeigt ein unregelmässig körniges Gefüge; man ist versucht, nach Fibrillen oder sonstigen Elementen zu suchen, welchen sich die Körnchen anschliessen, ohne zu einem befriedigenden Resultat zu kommen. Die Kapsel behält also dauernd den Zustand, welchen die gesammte Grundsubstanz in früherer Zeit präsentirt. Ihr Aussehen führt uns ohne Weiteres zur Parallele mit dem Aussehen der Kapsel nach

Abscheidung von Indigcarmin in derselben. Die Behandlung des Präparates mit Silbernitrat führt uns auf mikrochemischem Wege das Bild vor Augen, welches Arnold am lebenden Thier durch jene Methode erhält. Sowohl da, wo die Zelle noch ihre Höhle erfüllt, als wo sie aus derselben herausgefallen ist, sieht man die radiäre Strichelung. Ein besserer Beleg, dass die als Kapsel bezeichnete Innenschicht in der That von der übrigen Grundsubstanz verschieden ist, nicht blos durch optische Verhältnisse zur Anschauung kommt (Reichert, Bergmann u. a.) dürfte wohl nicht beizubringen sein als der Nachweis eines so charakteristischen, der umgebenden Substanz abgehenden Verhältnisses. Die radiären Streifungen der Innenschicht, das an anderen Stellen nachgewiesene Eindringen feiner, cilienartiger Zellausläufer in die radiären „Porenkanäle“ [1] zeigen uns, dass die Innenschicht der Grundsubstanz, die Membran der Knorpelzelle in dem Sinne vieler Autoren, in einer nahen Beziehung zu der Zelle steht. Wenn eine radiäre Streifung in der Grundsubstanz mancher Knorpel sich weiter als über die nächste Umgebung der Zelle verfolgen lässt, fehlt die als heller Ring die Knorpelhöhle im Inneren der Grundsubstanz umschliessende Innenschicht. Wie erwähnt erhielten wir die radiäre Streifung vorwiegend bei jüngeren Thieren. Die der Zelle zunächst gelegene Schicht bleibt dauernd in den Beziehungen zur Zelle wie ursprünglich die gesammte Grundsubstanz. In letzterer finden wahrscheinlich ausserdem Umlagerungen der sie constituirenden Elemente statt, welche sie in bestimmter Weise der Zerlegung nach verschiedenen Richtungen zugängig machen. Die Bedingungen, welche bewirken, dass jene Scheidung, wie sich u. a. in der fibrillären Structur des Knorpel kund giebt, vorwiegend nach einer oder der anderen Richtung hervortritt,

[1] Selbstverständlich soll hierbei in keiner Weise ein genetischer Vergleich mit den Porenkanälen der Pflanzen geführt werden. Ein solcher liesse sich nicht halten.

sind uns vorläufig unbekannt, dürften indessen wohl mit mechanischen Einflüssen in Zusammenhang gebracht werden.

Ausser der Silberimprägnation wurden von Metallverbindungen Goldchlorid, Ueberosmiumsäure, Chromsäure in ihrer Wirkung auf den Knorpel untersucht. Neue Ergebnisse habe ich hier nicht zu verzeichnen. Ich erhielt die gewöhnlichen Bilder der Bubnoff'schen Linien. Punkt- oder ringförmige als Querschnitte der durch die Bubnoff'schen Linien dargestellten vermeintlichen Canäle zu deutende Bilder habe ich nie gesehen. Zuweilen finden sich, so in unserer Abbildung Fig. 4, Tafel III. kurze Linien in Mitten der Grundsubstanz, die wir wohl kaum anders deuten können, denn als unvollkommen zu Stande gekommene Spaltungen. Wären sie auf schräg durchschnittene Kanäle zu deuten, so müssten wir einen Nachweis dafür durch Hebung und Senkung des tubus leicht gewinnen.

Die Anwendung der von Fürbringer angegebenen Methode (vgl. o.) am frischen Knorpel gab keinerlei Resultat. Dass dieselbe an Spirituspräparaten die fibrilläre Structur des Knorpels in hübscher Weise darstellt, wurde bereits erwähnt. An embryonalen Knorpeln war sie ferner werthvoll, um Bubnoff'sche Linien in radiär von einer Zelle zu den diese umgebenden verlaufender Anordnung hervorzurufen. Doch hatte, schon ehe ich Fürbringer's Untersuchung kannte, der Zufall mir ein Spirituspräparat eines menschlichen Embryo in die Hand gespielt, das ohne jede Färbung diese Linien so vorzüglich zeigte, dass ich mich damit begnügte, mehrfach die Möglichkeit zu constatiren, da wo die Verhältnisse nicht so günstig lagen, durch Fürbringer's Methode ein gutes Bild zu erhalten.[1]

Der erwähnte menschliche Embryo, Spirituspräparat war ca. 5 cm lang; benutzt wurden die Tarsal- und Carpalknorpel-

[1] Hinsichtlich der Angaben von Carter, Weichselbaum u. a. welche ähnliche Bilder beschrieben, vgl. o.

Anlagen. Dieselben waren noch sehr zart und weich, fast wie Gallertgewebe, aber doch bereits wohl differenzirt. Benutzt wurden nur die dünnsten Stellen der Schnitte (also vor allem deren Randtheil) unter Aufbewahrung in Glycerin z. Thl. nach vorgängiger schwacher Färbung in Carmin oder Hämatoxylin; theilweise wurden dieselben mit Jodlösung behandelt. Die Zellen scheinen stets grobkörnig, der Kern nicht immer deutlich; die trennende Zwischensubstanz erschien, von den sie durchziehenden Linien abgesehen, homogen, nur vereinzelt eingelagerte Körnchen aufweisend, von denen kaum festzustellen war, ob sie nicht vielleicht Theile im Schnitt gestreifter Zellen aus anderen Schichten, ob nicht mechanisch durch das Schneiden dahin geführte Partikelchen seien. Die Form der Zellen wechselt; bald sind sie spindelförmig nach einer Seite ausgezogen, bald haben sie mehrere kurze spitz zulaufende Verlängerungen nach verschiedenen Richtungen. Vereinzelt sind die Zellen aus der Höhle gefallen und kann man deren scharfe Umrandung erkennen. Von den Zellen aus, sei es von den Rändern, sei es von den Fortsätzen her, ziehen stark lichtbrechende Linien zu den nächstliegenden Zellhöhlen hin, bald einzeln, bald mehrere nebeneinander in annähernd der gleichen Richtung. Fast nie verlaufen sie geradlinig, viel häufiger in Wellenlinien; hier und da zeigt eine Linie eine fast rechtwinklige Biegung in ihrem Verlauf; zuweilen macht es den Eindruck, als ob zwei Linien sich kreuzten. Wo die Linien von Fortsätzen der Zelle ausgehen, lässt sich deren Protoplasma auf eine kurze Strecke in sie verfolgen (namentlich nach Jodbehandlung). — Dass hier von Zellhöhle zu Zellhöhle ziehende Verbindungen vorliegen scheint unzweifelhaft. Warum sie an diesem Präparat so deutlich waren wage ich um so weniger zu entscheiden, als dessen Vorgeschichte mir nicht bekannt ist; wie weit also Maceration, stark schrumpfender Einfluss des Spiritus u. s. f. mitwirkten, um hier ein Bild, das sonst so schwer zu erringen ist, hervorzurufen, wage ich deshalb gar nicht zu

discutiren. Anhalte haben wir, dass die Spalten zum Theil da entstanden sind, wo sich Zellausläufer fanden: unzweifelhaft enthielt das embryonale Gewebe hier ursprünglich sternförmige Zellen. Es würde über das Gebiet dieser Arbeit hinausgehen, wenn wir die in Betracht kommenden histogenetischen Verhältnisse, insbesondere die in Betracht kommenden Beziehungen zum Schleimgewebe mit besprechen wollten.

Diese Ergebnisse am Säugethierknorpel sind kurz zusammengefasst, folgende:

1. Es lassen sich im Knorpel der Säugethiere Differenzirungen nachweisen, die einer Anordnung der Bestandtheile der Grundsubstanz in radiärer Gruppirung um die Zelle entsprechen.

2. Es existiren Stellen im Säugethierknorpel, welche leichter als andere unter dem Einfluss schrumpfender Reagentien Spaltbildungen zeigen; Zerklüftungen, welche diesen weniger dichten Stellen entsprechen sind die Bubnoff'schen Linien.

3. An jugendlichen Knorpeln treten die Spaltbildungen leichter hervor als in späteren Entwicklungsstadien.

4. Ausser der radiären Spaltbarkeit besteht eine Disposition der Elemente der Grundsubstanz zu fibrillärer Anordnung. Die fibrilläre Structur tritt an manchen Knorpeln unter denselben Bedingungen (bei Anwendung von Fürbringer's Methode) hervor, wie an anderen die radiäre Streifung.

Sehen wir zu, in wieweit sich unsere bisherigen Ergebnisse hinsichtlich der im Eingange besprochenen Fragen verwerthen lassen. Wir fanden eine Reihe verschiedenartiger Bilder unter dem Einflusse verschiedener Reagentien auftreten, die wir theils als Folge ungleicher Imbibitionsfähigkeit ansehen mussten, theils mannigfachen Zerklüftungs- und Spaltungsvorgängen zuschrieben; die letzteren entstanden im Anschlusse an präformirte Structurverhältnisse, an einen Aufbau des Knorpels aus verschieden-

artigen Bestandtheilen, wir mussten annehmen, dass in der Grundsubstanz festere Elemente durch eine weniger dichte Materie vereint seien; dass ferner die Verbindung der ersteren nach bestimmten Richtungen eine innigere sei, so dass eintretende Spaltungen mit Vorliebe diese oder jene Anordnung zeigen können.

Am wenigsten haben wir bisher gerade dasjenige Structurverhältniss der Grundsubstanz berührt, dass allgemein bekannt und am leichtesten nachweisbar ist, den fibrillären Aufbau derselben. Doch konnten wir darauf hinweisen, dass auch diese Anordnung unter dem Einfluss derselben Reagentien, die wir zu anderen Zwecken benutzten zuweilen sichtbar wird. Tafel V., Fig. 3.[1] Die Neigung des Knorpels zu fibrillärem Zerfall bei entzündlichen Processen (von Führer schon 1853 beschrieben vgl. o.) die unter normalen Verhältnissen erfolgende faserige Umwandlung früherer hyaliner Knorpel[2] mit zunehmendem Alter illustriren auf dem Wege physiologischer und pathologischer Processe, jene Thatsache. Kochen im Papin'schen Topf, (Hoppe 1853)[3] Behandlung mit 10 % Kochsalzlösung, Uebermangansaurem Kali, Kalkwasser, Barytwasser (Tillmanns, Baber) Trypsin (Tillmanns) ermöglichen uns auch vorher hyalin erscheinende Knorpel als faserig aufgebaut zu erkennen. Die Anlage der fibrillären Anordnung im lebenden hyalinen Knorpel ist durch die „interfibrilläre" Abscheidung des indigschwefelsauren Natron (Arnold[4]) in Gestalt die Grundsubstanz durchsetzender

[1] Ausnahmsweise zeigten ausser den nach Fürbringer behandelten auch Silberpräparate statt der erwähnten unklaren körnig faserigen Anordnung Taf. IV. Fig. 1, das parallelstreifige, die fibrilläre Structur nachweisende Aussehen.

[2] vgl. u. a. Rheiner, Beiträge zur Histologie des Kehlkopfes. Dissert. Würzburg 1852.

[3] Virchow's Archiv V. Bd. p. 175. Das Untersuchungsobject, Rippenknorpel, ist nicht günstig, da derselbe ohne jene Behandlung Faserung zeigen kann.

[4] Virchow's Archiv Bd. LXXIII. Taf. II. Fig. 2.

Streifen illustrirt. Neuerdings hat Schottelius[1] wenigstens für die von ihm untersuchten Knorpel das Bestehen der hyalinen Grundsubstanz aus Fibrillen in Zweifel gezogen. Er begründet diese Zweifel durch die unregelmässige Anordnung der Faserbündel in den streifig zerfallenden Herden in den Kehlkopfknorpeln; er weist darauf hin, dass überall wo jene Entartung eintritt, in unmittelbarer Nähe Knorpelzellen im Zerfall begriffen seien oder auf weitere Entfernungen fehlen. Der erste Einwand fällt, wenn wir in's Auge fassen, dass ja eine der von Tillmanns[2] nach der Lagerung der Fibrillen im Knorpel aufgestellten Kategorien desselben, das netzförmige Knorpelgewebe, die von Schottelius beschriebenen Anordnungen umfasst. Die andere Thatsache, die auch schon früher von fast allen Autoren, soweit sie faserigen Zerfall des Knorpels unter pathologischen Verhältnissen erwähnen, angeführt wird, beweist uns, dass die Entartung der Zelle zusammenfällt mit Veränderungen der interfibrillären Substanz. Sie bildet ein wichtiges Glied in der Reihe von Argumenten, die das Bestehen eines Zusammenhanges der Zellsubstanz mit einem Theile der Grundsubstanz oder mindestens die Gleichartigkeit mancher vitaler Vorgänge in beiden beweisen. Wir werden darauf zurückkommen. Vorläufig können wir in den von Schottelius angeführten Thatsachen kaum einen Grund sehen, die fibrilläre Spaltung im Knorpel als nicht präformirt aufzufassen.

Die fibrilläre Structur der Grundsubstanz wurde von Tillmanns bereits am Knorpel neugeborner Thiere gezeigt; sie stellt sich mithin schon frühe ein. Die Fibrillen erstrecken sich continuirlich weit über die Grenzen der Zellterritorien hin; sie

---

[1] Untersuchungen über physiologische und pathologische Texturveränderungen des Kehlkopfknorpels. Wiesbaden 1879.

[2] Ueber die fibrilläre Structur des hyalinen Knorpels. Archiv für Anatomie, herausg. von His und Braune. 1877 p. 9 ff. Tillmanns unterscheidet hier: parallelfaseriges, netzförmiges, lamellöses Knorpelgewebe.

beweisen uns, dass also schon frühe eine Continuität der Grundsubstanz sich herausbildet und sich in die Grenzen der Zellterritorien überschreitenden Structuranordnungen manifestirt. Boll[1] hat am Bindegewebe die Frage der Fibrillenbildung erörtert und kommt zu der Annahme, dass die Fibrillen durch Verschmelzung der von verschiedenen Zellen gelieferten Abschnitte entstehen. Verschiedene Gründe scheinen mir dafür zu sprechen, dass für den Knorpel die Sachlage wohl eine andere ist; die Bildung der Fibrillen scheint erst durch eine spätere Umlagerung in der zu einer continuirlichen Masse gewordenen Grundsubstanz zu Stande zu kommen.

Nachdem feststeht, dass ein Theil des Knorpels durch appositionelles Wachsthum entsteht,[2] scheint es wenigstens nöthig, anzunehmen, dass noch nachträglich Umlagerungen in der Grundsubstanz stattfinden; denn wir treffen bei alten wie bei jungen Thieren die Fibrillen in den oberflächlichen Schichten des Knorpels der Oberfläche parallel, in den tieferen Theilen senkrecht zu derselben verlaufend. Dem entgegen stehen allerdings auch Angaben, welche die erste Anlage der sich bildenden Scheidewand zweier Knorpelzellen aus sich aneinanderlegenden feinsten Fädchen schildern.[3] Auch ist nicht zu vergessen, dass die jüngste, die Zelle umgebende Schicht, die sogenannte Knorpelkapsel eine fein concentrische Streifung zeigt. Indessen steht mir hier weder genügendes, auf eigener Beobachtung fussendes Beweismaterial zu Gebote, noch ist die Frage für die Auffassung des fertigen Knorpels von wesentlichem Einfluss, so dass wir dieselbe nicht weiter zu erörtern brauchen. Unabhängig davon

[1] Untersuchungen über den Bau und die Entwickelung der Gewebe. Schulze's Archiv 1872 Bd. VIII. p. 28 ff.

[2] Schwalbe, Knorpelregeneration und Knorpelwachsthum. Sitzungsber. d. Jen. Gesellschaft f. Medicin und Naturwissenschaft. 1878. Sitzung vom 28. Juni.

[3] Schleicher, die Knorpelzelltheilung. Schultze's Archiv 1879 XVI. Bd. p. 248 ff.

ist noch eine andere Frage, die ich ebenfalls nur andeuten möchte, in wieweit nämlich die Bildung der Fibrillen sich mit der Entstehung der Fibrinfasern vergleichen lasse. Virchow[1] sieht in der Bildung der Fasern in dem ursprünglich gallertig auftretenden Gerinnsel „eine Art organischer Crystallisation", wobei freilich jede einzelne Fibrille als ein vielfaches kleiner Crystallkörperchen betrachtet werden müsste. Wie bei der Crystallisation, so ordnen sich die einzelnen Molecüle hier gleichfalls in gewissen Richtungen an und bilden feine Säulchen, an denen man freilich auch bei den stärksten Vergrösserungen keine charakteristischen Flächen oder Winkel erkennen kann. Ohne selbstverständlich eine Gleichstellung beider Vorgänge anzunehmen, müssen wir doch in gewisser Art diese Anschauung auch auf die faserige Structur der hyalinen Knorpelsubstanz übertragen. Wir sehen neben der fibrillären auch andere Spaltbarkeiten im Knorpel auftreten, welche ganz ohne Beziehung zu der ersteren erfolgen, also die Fibrillen nach allen Richtungen hin kreuzen können. Wir können danach die Fibrille selbst nicht anders, denn als eine Aneinanderlagerung kleinster Theilchen, die in der Richtung der Fibrille einen festeren Zusammenhang zeigen, ansehen. Ebenso wie die Muskelfaser bei bestimmter Behandlung nur in Scheiben, bei anderer nur in Fibrillen, bei anderer körnig zerfallen kann, so kann auch im Knorpel ein Zerfall nach verschiedener Richtung eintreten, wobei die gleichen Elemente in verschiedener Gruppirung gesondert sind. Diese Zerfallsrichtungen stehen aber nicht in so regelmässigem Verhältniss, wie im Muskel oder wie die Spaltbarkeitsrichtungen in der Zellhaut der Pflanzenzelle, sondern sie sind durch eine Reihe uns unbekannter Factoren beeinflusst.

Neben der fibrillären Spaltbarkeit des hyalinen Knorpels

---

[1] Ueber den Faserstoff, gesammelte Abhandlungen p. 59 ff. (Zusatz v. Jahr 1855).

constatiren unsere Befunde eine Neigung der Knorpelsubstanz zu radiären Zerklüftungen. Während die erstere, unabhängig von den Zellterritorien sich über grössere Bezirke der Grundsubstanz erstreckt, in den meisten Fällen sich nicht an eine bestimmte Dimension anschliesst, beziehen sich die radiären Spaltungen jeweils auf den, eine Zelle umringenden Bezirk. Sie sind oft nur in der die Zelle zunächst einschliessenden Schicht leicht nachzuweisen. An einzelnen Stellen treten die entsprechenden Linien zuweilen stärker hervor; man könnte daran denken, dass dies da sei, wo die Anordnung der Fibrillen-Züge mit den radiären Anordnungen zusammentrifft. Bei der Unregelmässigkeit der Verhältnisse, den mannigfachen Kreuzungsrichtungen der Faserbündel, dürfte es schwer sein, sich eine, auch nur annähernd der Wirklichkeit entsprechende Vorstellung zu bilden. Wir müssen ausserdem uns erinnern, dass jene Zerlegungen, wie wir sie unter dem Microscop sehen, ja nicht die letzten Spaltungen in gegebener Richtung darstellen; dass sie uns nur in ganz groben Zügen Andeutungen der bestehenden Verhältnisse liefern. [1]

Wir würden über das thatsächlich zu Begründende hinausgehen, wollten wir hinsichtlich der feineren Structur der Knorpelgrundsubstanz mehr behaupten, als dass ihre Elemente in einer Anordnung sich befinden, vermöge deren sie nach bestimmten, sich auf relativ kleine Bezirke beschränkenden Richtungen einen festen Zusammenhalt zeigen, der sich theils durch fibrilläre, theils durch radiär um die Knorpelhöhlen erfolgende Streifungen manifestiren kann.

---

[1] Je nach den angewandten Mitteln, bezw. je nach dem, die Spaltung bedingenden Vorgang scheint dieselbe in grösserer oder geringerer Feinheit einzutreten. Für die fibrilläre Zerlegung der Muskelbündel glaube ich mit Bestimmtheit gesehen zu haben, dass man aus demselben Material feinere und zahlreichere Fasern durch starke Osmiumsäure als durch andere Mittel erhalte.

Nicht alle sichtbar werdenden Streifungen können als Spaltungsprodukte angesehen werden. Die hier vorgetragene Auffassung vieler der beschriebenen Bilder stützt sich darauf, dass wir durch starke Eingriffe den wirklichen Zerfall in den Spaltungsrichtungen, sei es durch vollständige Auflösung der Grundsubstanz zu Fibrillen, sei es durch das Auftreten wirklicher radiärer Spalten constatiren konnten. Beide Vorgänge als auf ähnlicher Basis beruhend aufzufassen, schien uns die Thatsache zu berechtigen, dass dasselbe Mittel je nach dem Verhalten des Objectes, unter Umständen an einem und demselben Präparat beide Arten der Zerlegung gleichzeitig, beziehungsweise alternirend, erzeugt. Nur eine Angabe in der Literatur hat mir Schwierigkeiten geboten, nämlich die von Budge, wonach derselbe ein den Knorpel durchsetzendes Canalsystem isolirt zu haben glaubt. Unter der Einwirkung der Chromsäure lassen sich, wie auch schon vor Budge bekannt war (vgl. a. a. O.) leicht, den radiären Zerklüftungen mehr oder weniger entsprechende, Liniensysteme darstellen. Durch länger andauernde Wirkung starker Chromsäure-Lösung zerfällt an feinen Schnitten ein Theil der Grundsubstanz, währnend ein anderer in Gestalt eines Balkensystemes zurückbleibt, das von dem Rande der Knorpelhöhlen ausgehend, an seiner Peripherie sich mit dem von anderen Zellen ausstrahlenden geflechtartig verbindet. Es theilt dies Balkensystem die Eigenschaft der die Knorpelhöhle zunächst umringenden Lage der Grundsubstanz, grössere Resistenz gegen gewisse Reagentien zu zeigen. Ein Nachweis, dass es sich in dem isolirten Balkenwerk um ein System hohler Röhren handelt, ist von Budge aber nicht erbracht. Unsere Vergrösserungen dürften nicht ausreichen, um hier den wahren optischen Ausdruck des hohlen Canälchens mit selbstständiger Wandung überhaupt in die Grenze des Erreichbaren zu bringen. Im injicirten Zustande sind aber die Canälchen nicht isolirt. Ausserdem zeigt uns endlich die Abbildung der Injections-

resultate Budge's[1] ein Bild, welches viel eher auf die fibrilläre Anordnung, als auf die in den anderen Abbildungen dargestellten Kanälchen hinweist. Auch die kleinen kreisförmigen Flecken, welche Budge als Lumina quer durchschnittener Gänge deutet, können eher als Querschnitte von Bälkchen einer erhalten gebliebenen Substanz, denn als der Ausdruck eines Canales mit selbstständiger Wand erscheinen.

Berücksichtigen wir die vorliegenden Thatsachen, nämlich:

1) dass im Leben erfolgende Abscheidungen in der Grundsubstanz des Knorpels interfibrillär und intracapsulär geschehen, entsprechend der anatomisch nachweisbaren interfibrillären Kittsubstanz und den radiären Streifungen der Kapsel.

2) Dass auch an anderen Körperstellen die Abscheidung und Leitung der gleichen Stoffe, die im Leben im Knorpel zur Abscheidung gebracht werden können (Indigcarmin, Zinnober) nicht in Canälen sondern in der zähweichen Kittsubstanz erfolgt,

so wird sich eine vermittelnde Auffassung anbahnen, zwischen der Annahme einerseits, wonach im Knorpel Saftbahnen in Gestalt präformirter, mit selbstständiger Wandung versehener Kanäle bestehen (Budge) und der Ansicht andererseits, welche besondere Saftbahnen überhaupt im Knorpel ausschliesst (Gerlach). Die Fortleitung der Ernährungsflüssigkeit erfolgt danach, in Uebereinstimmung mit der Auffassung von Arnold, auf dem Wege der zähweichen Kittsubstanz und der die feinen radiären Streifen der Knorpelkapsel bedingenden Materie. Ob die bei Maceration des Knorpels in Chromsäure zurückbleibenden Substanzbälkchen, welche im Zusammenhang mit der innersten Grundsubstanzschicht einerseits, in Verbindung durch Querbälkchen[2] andererseits auftreten, direct als Kittsubstanz anzu-

---

[1] Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. XVI. Taf. I. Fig. 1.

[2] Die Querbälkchen nehmen hauptsächlich die Gegend der Zellterri-

sehen sind, oder ob andere Ursachen es bedingen, dass gewisse, gegen die Säure resistentere Bestandtheile durch Gerinnungen jenes Maschenwerk bilden, muss unentschieden bleiben. Vermuthlich liegt aber in Budge's Isolationen das Gegenstück zu dem Produkte der Trypsinbehandlung u. s. w., erzeugt durch Auflösung der Fibrillenbündel unter Erhaltung der sie verbindenden Kittsubstanz.

Eine dritte Zerlegung der Grundsubstanz besteht bekanntlich in dem Nachweiss concentrischer Schichten in ihr durch Behandlung mit verdünnter Schwefelsäure oder mit Gemengen von chlorsaurem Kali und Salpetersäure, durch längeres Digeriren in warmem Wasser u. s. f.[1] Es beruht diese Anordnung auf abwechselnden Schichten dichterer und weniger dichter Lagen, durch welche die Vertheilung der einzelnen Bestandtheile der Grundsubstanz noch weiter complicirt wird. An vielen Knorpeln (Petromyzon, Myxine) sieht man auch ohne Reagens diese Erscheinung. Wo allmälig die Knorpelhöhle unter Verkleinerung der Zelle sich theilweise mit Grundsubstanz ausfüllt (z. B. an Rippenknorpeln) können ebenfalls concentrische Schichten sichtbar werden. Letzterer Umstand beweist uns, dass die Ablagerung der Grundsubstanz in getrennten Zeiträumen erfolgen kann. Nur müssen wir daraus nicht entnehmen wollen, dass etwa abwechselnd dichtere und weniger dichte Schichten gebildet werden. Gerade die concentrische Schichtung liefert uns vielmehr den besten Beleg für das Vorkommen von Umlagerungen der kleinsten Theilchen innerhalb der einmal entstandenen Grundsubstanz. Dies geht aus der bekannten Thatsache hervor, dass die innerste Schicht stets durch ihre grössere Resistenz gegen die genannten Reagentien sich aus-

toriengränze ein, also eine Stelle, wo ebenfalls eine reichlichere Kittmasse zur Verbindung ursprünglich selbstständiger Grundsubstanztheile) besteht.

[1] Heidenhain a. a. O. Fürstenberg. Ueber einige Zellen mit verdickten Wänden im thierischen Körper. Archiv f. Anat. 1857 p. 1 ff. Broder a. a. O. Frey (Histologie und Histochemie). Rollett, Stricker's Handbuch der Gewebelehre u. s. f.

zeichnet; wir können hier, an ein von Sachs[1] in botanischer Hinsicht gebrauchtes Argument, es direct auf den Knorpel übertragend, erinnern, dass wir stets jene resistentere Schicht als Innenschicht finden; würden abwechselnd verschiedenartige Schichten abgeschieden, so müssten wir ebenso oft auch eine weniger resistente Lage als Innenschicht antreffen. Mit der successiven Anbildung neuer Substanz zeigen stets die von der Zelle weiter entfernten Schalen relativ die geringste Widerstandsfähigkeit; sie fallen bei fortgesetzter Anwendung der genannten Reagentien zuerst der Auflösung anheim.

Im Gegensatz zu den bisher besprochenen Zerfaserungs- und Spaltungserscheinungen, die uns die Existenz ungleichartiger Bestandtheile in der Grundsubstanz vorführen, stehen andere Befunde, welche uns zeigen eine wie innige die Continuität der von verschiedenen Zellen gelieferten Grundsubstanz-Abschnitte geworden ist. Weder die fibrillären noch die radiären Anordnungen der Theilchen vermochten die Regelmässigkeit der Silberstreifen in total imprägnirten Knorpelstücken zu stören; es sei denn, dass wirkliche Spalten (Tafel III. Fig. 5) in den feinen Knorpelschnitten auftraten. In wieweit jene Bänderung auch zu den Ernährungswegen eine Beziehung zeigt, dafür fehlt vorläufig der physiologische Anhalt. Nur eines ist sicher; die Bänder nehmen grossen Theils ihren Ausgang da, wo das subchondrale Periost und die Knochenröhre im Knorpel enden, wo mit dem subchondralen Periost auch die Gefässe am Weitesten gegen das Innere des Knorpels vorgedrungen sind. Ganz ausschliessen dürfen wir mithin nicht, dass etwa doch die leichter durchdringlichen Streifen an der Leitung der Ernährungsflüssigkeit bei normalem Zustande derselben sich mitbetheiligen. Im Uebrigen wurde gerade dieses Resultat der Imbibition des Knorpels so ausführlich besprochen, dass wir hier Weiteres nicht hinzuzufügen haben.

---

[1] Lehrbuch der Botanik. IV. Aufl. p. 31.

Die vorstehende Zusammenfassung der in der Grundsubstanz nachweisbaren Differenzirungen hat uns gezeigt, dass die Saftbewegung in den Structurverhältnissen der Grundsubstanz ihre anatomischen Vorbedingungen findet. Sie zeigt uns, dass erstens specielle Bahnen für die Circulation nicht nothwendig sind, dass zweitens histologische Differenzirungen bestehen, welche in Uebereinstimmung sind mit der Anordnung der intra vitam erzeugten Abscheidungen aus einer den Knorpel durchdringenden Flüssigkeit auf deren Weg durch die Grundsubstanz.

Der wesentlichste Theil meiner Aufgabe ist damit gelöst; aber eine bereits im Eingang angedeutete Frage bedarf noch einer kurzen Erörterung. Die Frage nämlich, in wie weit der Grundsubstanz ein Einfluss auf die Beschaffenheit der sie passirenden Flüssigkeit zukommen könne. Diese Frage wird indessen eine äusserst complicirte, wenn wir uns daran erinnern, dass verschiedene Beobachtungen auf einen Zusammenhang der Zelle mit einem Theile der Grundsubstanz hinweisen. Die Thatsachen, die hierher gehören sind vor Allem die Gleichartigkeit der Reaction der letzten Zellausläufer mit der Kittsubstanz, der constatirte Eintritt von Fortsätzen der Zelle in die Grundsubstanz, die stärkere Imbibition der Theile der Grundsubstanz, welchen die Zelle anhaftet (bei geeigneter Behandlung mit Silberlösungen), das zeitliche und qualitative Zusammenfallen gewisser Entartungsprocesse in Zelle und Grundsubstanz (wie es z. B. von Schottelius für die Beurtheilung des fibrillären Zerfalles herangezogen wurde). Allerdings werden die Beziehungen zwischen Zelle und Grundsubstanz um so lockerer, je weiter wir uns von der Zellhöhle entfernen. Dass aber der Zusammenhang sich weiter erstreckt, geht daraus hervor, dass auch in von der Zelle entfernteren Abschnitten der Grundsubstanz gleichzeitig mit Entartungen der Zelle gewisse Veränderungen eintreten; bestände eine solche Continuität nicht, wäre die Grundsubstanz nur eine Abscheidung, nicht ein mit der Zelle continuirlich verbundenes

an deren vitaler Thätigkeit theilnehmendes Gebilde, so würde doch wohl nur der, mit der Oberfläche der Zelle in unmittelbarer Berührung befindliche Theil der Grundsubstanz von jener aus beeinflusst werden.[1] Jenen Zusammenhang vorausgesetzt müssen wir aber die Grundsubstanz nur als ein Umwandlungsprodukt des peripheren Theiles der Zelle, nicht als eine Ausscheidung derselben ansehen; wir kommen so zu der von Max Schultze[2] angenommenen Auffassung der Bildung der Grundsubstanzen. Die scheinbar so scharfe Abgrenzung zwischen Grundsubstanz und Zelle ist für die Annahme der Continuität beider kein Hinderniss, da wir die in erstere eindringenden Fortsätze der Zelle und die radiären „Porenkanäle" kennen. Die Bedeutung der Kapsel (wir verstehen darunter hier nur die wiederholt besprochene, durch optische und chemische Eigenthümlichkeiten ausgezeichnete Innenschicht) illustrirt übrigens in eigenthümlicher Weise deren Verhalten an manchen Faserknorpeln, wie es unsere Abildung Tafel V, Fig. 1 zeigt. Das Präparat (Silberimprägnation nach Heitzmann) entstammt der Seitenfläche des medialen Condylus femoris vom Hund. Wir sehen in ihm die Zellen ähnlich wie die platten Belegzellen der Sehnen reihenweise längs einzelner Faserbündel angeordnet. Die Zellen sind von dem in seiner Längsrichtung getroffenen Faserbündel, welchem ihre Reihe anliegt, deutlich jede durch eine Kapsel geschieden; nach den anliegenden, schräg durchschnittenen, das erstgenannte Bündel kreuzenden Faserzügen hin können wir die Zellen nicht scharf umgrenzen; sie laufen hier mit äusserst zarter, feinkörniger Masse aus; ihr Protoplasma ist

---

[1] Dass nicht die Beschaffenheit der Gewebeflüssigkeit allein z. B. den fibrillären Zerfall bedinge, müssen wir desshalb annehmen, weil sonst die Veränderung in allen von der gleichen Flüssigkeit durchtränkten Theilen, also auch in der Peripherie eines Knorpels, und nicht blos, wie häufig, herdweise im Innern desselben auftreten müsste.

[2] Ueber Muskelkörperchen und was man eine Zelle zu nennen habe. Archiv f. Anatomie 1861 p. 1 ff.

am dichtesten nahe der Kapsel. Gerade also da, wo die innigste genetische Beziehung vorliegt, wo wir am ehesten nutritive Beziehungen zwischen Zelle und Grundsubstanz suchen, zeigt sich in diesem Fall der durchsichtige Saum, die Kapsel, der beste Beweis, dass letztere keine wahre Trennung zwischen jenen beiden bildet, vielmehr ein den Uebergang vermittelndes Bindeglied.

Wenn wir von den Fortsätzen der Zelle in die Grundsubstanz sprachen, so müssen wir daran erinnern, dass wir nur ganz ausnahmsweise bei höheren Thieren den körnigen Theil des Protoplasma in jenen Ausläufern enthalten fanden; auch bei den Cephalopodenknorpeln war die Zahl der darstellbaren Ausläufer mit körnigem Protoplasma nur relativ gering; und auch letztere wurden homogen, wo sie sich in die Grundsubstanz verloren. Nur der homogene Theil, die Randschicht der Zellsubstanz, das Hyaloplasma oder Paraplasma, durchdringt in der Regel die Umwandung der Zellhöhle; desshalb können wir auch, da eine wesentliche Differenz in der Lichtbrechung nicht besteht, zumeist die Fortsätze bezw. die radiären Streifen nicht ohne vorherige complicirte Behandlung nachweisen. Die Fortsätze verlieren sich in die Grundsubstanz, ihre Fortsetzung bildet die Kittsubstanz; das beweist uns einmal der Weg der Indigcarmin-Abscheidung, dann das Beschränktsein der Entartungsprocesse, körniger Ablagerungen u. s. f. auf die Kittsubstanz. Für das fibrilläre Bindegewebe ist eine derartige Auffassung entwickelungsgeschichtlich von Boll[1] bereits begründet. Nach seinen Angaben bleiben gleichzeitig mit der Fibrillenmetamorphose des Protoplasma Reste desselben zwischen den Fibrillen zurück, die interfibrilläre Kittsubstanz, die während des ganzen Lebens in dem einen Gewebe in geringer, in dem anderen in grösserer Masse persistirt. So können wir denn, ohne über das, was

[1] Untersuchungen über den Bau und die Entwickelung der Gewebe. Schultze's Archiv 1872. Bd. VIII. p. 28 ff.

hinsichtlich anderer Gewebe bereits Vertreter gefunden hat, hinauszugehen. für den Knorpel die Continuität eines Bestandtheiles seiner Grundsubstanz mit dem Zellenkörper constatiren. Wie im Muskel, so können wir auch im Knorpel nicht feststellen, wie weit die Zellsubstanz reicht, wo eine Zelle aufhört und die Grundsubstanz als Intercellularsubstanz erscheint. Wollen wir überhaupt eine Intercellularsubstanz im Knorpel absolut annehmen, so dürfte allerhöchstens die zwei Zellterritorien verklebende Kittschicht so bezeichnet werden. Insofern wir aber die Knorpelgrundsubstanz als eine zusammenhängende Materie ansehen, ist überhaupt die selbstständige Existenz einer Intercellularsubstanz nur noch da anzuerkennen, wo, wie im Aequatorialringe des Auges mancher Cephalopoden die Abgrenzung der einzelnen Zellbezirke wirklich fortbesteht. Die hier vorgetragenen Anschauungen stimmen in vieler Hinsicht mit den von Heitzmann [1] vertretenen überein. Einer für die nächste Zeit beabsichtigten Fortsetzung dieser Untersuchungen soll es vorbehalten bleiben, in eine Besprechungder in die allgemeine Zellenlehre übergreifenden Fragen einzutreten. [2] Nur das eine muss ich hier im Gegensatz zu Heitzmann und in Uebereinstimmung mit Max Schultze betonen, dass die Selbstständigkeit der Zelle in den fertigen Geweben durch die geschilderten Anordnungen nicht leidet, wenn auch ihre Verbindung sowohl mit der sie umgebenden Grundsubstanz, wie durch die letztere mit den Nachbarzellen, inniger ist als sie vielleicht nach den üblichen Darstellungen erscheint. Indem wir nun aber eine Continuität des die Nährstoffe leitenden Theiles der Grundsubstanz mit der Zelle, besser mit einem Bestandtheile der Zelle feststellen, wird uns unmöglich eine

---

[1] Untersuchungen über das Protoplasma. Wiener Sitzungsberichte Bd. LXVII. LXVIII.

[2] Auch andere einschlägige Untersuchungen von Robin. Beale. Nathusius-Königsborn, Kollmann u. a. werden dort zu besprechen sein.

Entscheidung zu treffen, welcher Art die in der Grundsubstanz etwa eintretende Beeinflussung der Ernährungsflüssigkeit auf deren Weg zur Zelle sei. Nicht mehr die einfachen Gesetze der Diffusion sind massgebend; es ist lebende Materie, welche die Fortleitung der Ernährungsflüssigkeit versieht, eine Materie die ähnlich der Zelle selbst ist, also auch in gleicher Weise wie diese wirken kann. Die Ernährungsflüssigkeit unterliegt also, wenn auch wohl nur in geringerem Grade, auf dem Wege zur Zelle den gleichen oder doch ähnlichen Veränderungen wie durch die Thätigkeit der Zelle selbst.

Wir kommen zum Schluss. Die Structurverhältnisse, welche sich für den hyalinen Knorpel ergeben haben, geben zwar nur eine Andeutung, nach welcher Seite hin ein weiteres Eindringen in die Erkenntniss der Grundsubstanz zunächst anzustreben sein wird. Die Annahme einer Spaltbarkeit derselben nach verschiedenen Richtungen als Erklärung für die Mannigfaltigkeit der nachweisbaren Structurerscheinungen bedarf einer viel weiter gehenden Verfolgung, ehe die in ihr angedeutete Vergleichungsmöglichkeit mit der Beschaffenheit der pflanzlichen Zellhaut zu wirklicher Aufnahme einer Parallelisirung der Anordnungsverhältnisse berechtigt. Der Nachweis des Eingehens gewisser Bestandtheile des Zellkörpers in den Aufbau der Grundsubstanz neben anderen specifisch die letztere constituirenden, nach bestimmten Richtungen angeordneten Elementen zeigt uns ferner, dass die Scheidung keine so scharfe ist, wie die der Zellhaut der Pflanze von deren Inhalt. Wenn auch eine Vergleichung des Aufbaues von Zellhaut und Grundsubstanz zulässig erscheint, wenn auch beide als Träger der Saftleitung fungiren, so sind doch die morphologischen Beziehungen beider zur Zelle wesentlich verschiedene.



Literatur über den Hyalinknorpel.

(Abkürzungen: A. f. A. Archiv für Anatomie. — A. f. m. A. Archiv für mikroskopische Anatomie. — V. A. Virchow's Archiv. — W. S. B. Sitzungsberichte der K. Akademie der Wissenschaften zu Wien. — Z. f. w. Z. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie.) Die mit † bezeichneten Abhandlungen konnte ich nur nach Referaten benutzen, da mir dieselben gar nicht (oder erst nach Abschluss der Arbeit) im Original zugänglich waren.

1. *Aeby.* Ueber die Symphysis ossium pubis des Menschen nebst Beiträgen zur Lehre vom hyalinen Knorpel und seiner Verknöcherung. Zeitschrift f. rat. Med. III. Reihe. Bd. IV, 1858.
2. *Albert.* Zur Histologie der Synovialhäute. W. S. B. LXIV. II. Abthl. p. 430 ff. 1871.
3. *Archangelsky.* Ueber die Regeneration des hyalinen Knorpels. Centralbl. f. d. med. W. 1868. VI. Jahrg. p. 658 ff.
4. *Arnold, J.* Ueber das Verhalten des Indigcarmins in den lebenden Geweben. Centralbl. f. d. med. W. 1875. p. 865.
5. *Arnold, J.* Die Abscheidung des indigschwefelsauren Natron im Knorpelgewebe. V. A. LXXIII. 1878. p. 129 ff.
6. *Arnold, W.* und *Fr.* Einige Mittheilungen über das Gewebe der Knorpel und Knochen beim Menschen. Ztschrft. für Physiologie von Tiedemann und Treviranus. V. 1835.
7. *Auerbach.* Untersuchungen über Lymph- und Blutgefässe. V. A. XXXIII. p. 340. 1865.
8. *Auerbach.* Organologische Studien. Breslau 1874.
9. † *Baber.* On the structure of hyaline cartilage. Journal of Anatomy. X. 1875.
10. *Barth.* Ueber die Regeneration des hyalinen Knorpels. Centralbl. f. d. med. W. 1869. p. 625.
11. *Baur.* Die Entwicklung der Bindesubstanz. Dissert. Tübingen 1858.
12. *Beneke.* Ueber die Nicht-Identität von Knorpel-, Knochen- und Bindegewebe. Archiv f. wissensch. Heilk. IV. Bd. 1859.

13 *Bergmann.* Disquisitiones microscopicae de cartilaginibus in specie hyalinis. Dissert. Dorpat. 1850.
14. *Bigelow.* Notiz über den Theilungsvorgang der Knorpelzellen sowie über den Bau des Hyalinknorpels. A. f. m. A. XVI. Bd. 1879.
15. *Billroth.* Beiträge zur pathologischen Histologie. Berlin 1858.
16. *Boehm.* Beiträge zur normalen und pathologischen Anatomie der Gelenke. Diss. Würzburg 1868.
17. *Boll.* Untersuchungen über den Bau und die Entwickelung der Gewebe. A. f. m. A. VII. Bd. und VIII. Bd. 1872.
18. *Boll.* Beiträge zur vergleichenden Histologie des Molluskentypus. A. f. m. A. 1869. Supplement.
19. *Broder.* Ein Beitrag zur Histologie des Knorpels. Diss. Zürich 1865.
20. *Bruch.* Ueber Bindegewebe. Z. f. w. Z. Bd. VI. 1855. p. 145 ff.
21. *Bruch.* Ueber periphcrische Verknöcherung bei Fröschen. Würzb. nat. Ztschrft. II. Bd. 1861.
22. *Bruch.* Beiträge zur Entwickelungsgeschichte des Knorpelsystems. Denkschriften d. Schweizer naturh Ges. II. Bd.
23. *Brücke.* Die Elementar Organismen. W. S. B. XLIV. Bd. II. Abthl. p. 881.
24. *Brückner.* Ueber Eiterbildung im hyalinen Knorpel Diss. Dorpat. 1873.
25. *Bubnoff.* Beiträge zur Kenntniss der Structur des Knorpels. W. S. B. Bd. LVII. 1868.
26. *Budge, A.* Die Saftbahnen im hyalinen Knorpel. A. f. m. A. Bd. XV. 1877. p. 65 ff.
27. *Budge, A.* Weitere Mittheilungen über Saftbahnen im hyalinen Knorpel. A. f. m. A. Bd. XVII. p. 1 ff. 1879.
28. *Bütschly.* Zur Kenntniss des Theilungsprocesses der Knorpelzellen. Z. f. w. Z. Bd. XXIX. 1877.
29. *Carter.* On the distal communication of the blood vessels with the lymphatics and on a diaplasmatical system of vessels. Journal of anatomy etc. 1870. p. 97 ff.
30. *Cohnheim.* Ueber Entzündung und Eiterung. V. A. Bd. XL. 1867. p. 75 ff.
31. † *Colomiatti.* Sulla struttura delle cartilagine ialini e fibrœlastica reticolata. Gazetta cliniche di Torino. 1873 und Rivista clinica di Bologna. Ser. II. ann. 4.
32. *Deutschmann.* Ueber die Entwickelung der elastischen Fasern im Netzknorpel. A. f. A 1873. p. 732. (Auch als Dissert. Erlangen).
33. *Donders.* Form, Mischung und Function der elementären Gewebetheile im Zusammenhang mit ihrer Genese. Z. f. w. Z. Bd. III. 1851. Bd. IV. 1853.
34. *Ecker.* Ueber Abnützung und Zerstörung der Gelenkknorpel. Archiv f. physiolog. Heilk. Bd. II.
35. *Ehrlich.* Beiträge zur Kenntniss der Anilinfärbungen etc. A. f. m. A. Bd. XIII. 1877.

36. *Ewald* und *Kühne*. Die Verdauung als histologische Methode Verh. d. naturh med. Vereins zu Heidelberg. N. F. I. Bd. 1877.
37. *v. Ewetzky*. Entzündungsversuche am Knorpel. Unters. am path. Inst. zu Zürich. 1875. (vorläuf. mitg. Centralbl. f. d. med. W. 1875).
38. *Flemming*. Beiträge zur Kenntniss der Zelle und ihrer Lebenserscheinungen A. f. m. A. 1879. Bd. XVI. p. 302 ff.
39. *Flesch*. Ueber Ernährungswege und Resorptionsvorgänge im Hyalin-Knorpel. Sitzungsbericht d. phys. med. Ges. z. Würzburg 1876/77 p. XII.
40. *Flesch*. Ueber Zelle und Intercellularsubstanz im Hyalinknorpel. S. B. d. phys. med. Ges. z. Würzburg 1878/79. (Auch Tageblatt d. 49. Naturf. Vers. z. Hamburg p. 94 und der 50. Naturf. Vers. zu München p. 231).
41. *Foerster*. Ueber die Isolirbarkeit der Knochen-, Knorpel- und Bindegewebs-Körperchen. V. A. Bd. XV. p. 465. 1858.
42. *Freund*. Beiträge zur Histologie der Rippenknorpel. Breslau 1878.
43. *Frommann*. Untersuchungen über die normale und pathologische Anatomie des Rückenmarkes II. Thl. Jena 1867. p. 29—30.
44. *Förster*. Die verschiedenen Formen von Gelenk-Entzündungen in pathologisch anatomischer Beziehung. V. A. Bd. V. 1853. p. 129 ff.
45. *Fürbringer*. Ueber das Gewebe des Kopfknorpels der Cephalopoden. Morphol. Jahrb. 1877. III. Bd. p. 453.
46. *Fürstenberg*. Ueber einige Zellen mit verdickten Wänden im Thierkörper. A. f. A. 1857. p. 1 ff.
47. *Gegenbaur*. Ueber das Skelettgewebe der Cyclostomen. Jen. Ztschrft. V. Bd. 1870
48. *Gegenbaur*. Ueber einige Formelemente im Bindegewebe. Jen. Ztschrft. III. 1866.
49. *Gegenbaur*. Ueber die Bildung des Knochengewebes. Jen. Ztschrft. III. 1866.
50. *Gegenbaur*. Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere Leipzig 1872. III. Hft. p. 237.
51. *Gegenbaur*. Anatomische Untersuchung eines limulus, mit besonderer Berücksichtigung der Gewebe. Abh. d. naturf. Ges. z. Halle. IV. Bd. 1858. p. 239—240.
52. *Genzmer*. Ueber die Reaction des hyalinen Knorpels auf Entzündungsreize und die Vernarbung von Knorpelwunden nebst einigen Bemerkungen zur Histologie des Hyalinknorpels. V. A. Bd. LXVII. (Auch † vorl. Mitthl. im Centralbl. f. Chir. 1875).
53. *Gerlach, L*. Zur Frage über das Epithel der Gelenke. Centralbl. f. d. med. W. 1869.
54. *Gerlach, L*. Ueber das Verhalten des indigschwefelsauren Natrons zu den Geweben des lebenden Körpers. Centralbl. f. d. med. W. 1875.
55. *Gerlach, L*. Ueber das Verhalten des indigschwefelsauren Natrons im Knorpelgewebe lebender Thiere. Erlangen 1876.

56 *Gerlach, L.* Ueber die Anlage und die Entwicklung des elastischen Gewebes. Morph. Jahrb. Bd. IV. Suppl. 1878.
57. *Goodsir, J.* und *H.* Anatomical and pathological observations. Edinburgh 1845.
58. *Gudden.* Ueber den mikroskopischen Befund im traumatisch gesprengten Ohrknorpel. V. A. Bd. LI. 1870.
59. *Gurlt.* Beiträge zur vergleichenden pathol. Anatomie der Gelenkkrankheiten. Berlin 1853.
60. *Haab.* Zur Kenntniss der syphilitischen Epiphysenablösung. V. A. Bd. LXV. 1875.
61. *Harting.* Recherches micrométriques sur le développement des tissus et des organes du corps humain. Utrecht 1845. p. 76—78.
62. *Hasse.* Die Schnecke der Vögel. Z. f. w. Z. Bd. XVII. 1867. p. 68.
63. *Hasse.* Beiträge zur Entwicklung der häutigen Vogelschnecke. Z. f. w. Z. Bd. XVII. 1865. p. 367.
64. *Heidenhain.* Zur Kenntniss des hyalinen Knorpels. Studien des phys. Inst. zu Breslau. 1863· II. Heft.
65. *Heitzmann.* Studien am Knorpel und Knochen. Wiener med. Jahrb. 1872. 4. Heft.
66. *Heitzmann.* Ueber die Rück- und Neubildung von Blutgefässen im Knochen und Knorpel. Wiener med. Jahrb. 1873. II. Heft.
67. *Heitzmann.* Untersuchungen über das Protoplasma. W. S. B. Bd. LXVII., LXVIII. 1873.
68. *Henke.* Genealogisches über Knorpelelemente. Ztschrft f. rat. Med. III. Reihe. XVIII. Bd. 1863.
69. *Henke.* Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke. Leipzig und Heidelberg 1863. p. 52—57.
70. *Henke* und *Reyher.* Studien über die Entwickelung der Extremitäten des Menschen insbes. der Gelenkflächen. W. S. B. Bd. LXX. III. Abthl. p. 278. 1874.
71. *Hénocque.* Structure des Cartilages. Gaz. médicale. 1873. 44. Jahrg. p. 589. p. 617.
72. *Hensen.* Ueber das Auge einiger Cephalopoden. Z. f. w. Z. Bd. XV. p. 155 ff. 1865.
73. *Hertwig.* Ueber die Entwickelung und den Bau des elastischen Gewebes im Netzknorpel. A. f. m. A. IX. Bd. p. 80. 1873.
74. *Hertwig.* Ueber das Zahnsystem der Amphibien u. s. f. A. f. m. A. Bd. IX. Supplm. 1874. p. 29—31.
75. *Hoppe.* Ueber die Gewebs-Elemente der Knorpel, Knochen und Zähne. V. A. Bd. V. p. 140 ff. 1853.
76. *Hosch.* Ueber die angebliche Contractilität der Knorpelzellen und Hornhautkörperchen. Pflüger's Archiv 1873. (cit. nach d. Jahresbericht f. Anat. und Physiol.)
77. *Hüter.* Zur Histologie der Gelenkflächen u. s. f. V. A. Bd. XXXVI. 1866.
78. *Hüter.* Klinik der Gelenkkrankheiten. I. Thl. II. Aufl. Leipzig 1876.

79. *Hutob.* Untersuchungen über Knorpelentzündung. Wiener med Jahrb. 1871. p. 399 ff.

80. *Kassowitz.* Die Bildung und Resorption des Knochengewebes u. s. f. Centralbl. f. d. med. W. 1878.

81. *Keller.* Beiträge zur feineren Anatomie der Cephalopoden. Diss. d. Univ. Jena vorgel. St. Gallen 1874.

82. *Klebs.* Beobachtungen über Cretinismus. II. Archiv f. experiment. Path. III. Bd. 1874.

83. *Kölliker.* Ueber die Entwickelung der sogenannten Kernfasern u. s. f. Verhandl d. phys. med. Ges. zu Würzburg. III. Bd. 1852.

84. *Kölliker.* Entwickelungsgeschichte der Cephaloden. Zürich 1844.

85. *Kölliker.* Nerven und Gefässe im permanenten nicht ossificirenden Knorpel. Z. f. w Z. II. Bd. 1850 p. 40 ff.

86. *Kölliker.* Ueber verschiedene Typen des Skeletts der Knochenfische. Verh. d. phys. med. Ges. zu Würzb. IX. Bd. 1859.

87. *Kölliker.* Untersuchungen zur vergleichenden Gewebelehre. p. 114. (Kiemenknorpel v. Sabella). Daselbst VIII. Bd. 1858.

88. *Kölliker.* Ueber den Bau der Synovialhäute. Mitthl. der naturf. Ges. zu Zürich. Zürich 1849. p. 98.

89. *Kölliker.* Ueber Verknöcherung bei Rachitis. Ebenda. p 168.

90. *Kollmann.* Structurlose Membranen bei Wirbelthieren und Wirbellosen. Sitzungsber. d. K. B. Acad. d. W. München 1876.

91. *Kollmann.* Ueber Zellen und Intercellularsubstanz. Mitthl. d. morphol. phys. Ges. zu München 1878. Sitzung am 6. Februar.

92. *Kollmann.* Häutchenzellen und Bindegewebe. Centralbl. f. d. med. W. 1876. p. 437.

93. *Kremiansky.* Experimentelle Untersuchungen über die Entstehung und Umwandlung der histologischen Entzündungsprodukte. Wiener med. Wochenschrift. 1868. I.—VI.

94. *Kühne.* Lehrbuch der physiol. Chemie. Leipzig 1868.

95. *Küttner.* Die Abscheidung des indigschwefelsauren Natron in den Geweben der Lunge. Centralblatt f. d. med. Wiss. 1875. p. 268.

96. *Landzert.* Zur Histologie der Synovialhäute. Centralbl. f. d. med. W. 1867. p. 367.

97. *Langer.* Ueber das Gefässsystem der Röhrenknochen. Denkschriften d. Wiener Acad. d. W. 1876.

98. *Langhans.* Untersuchungen über die Sclerotica der Fische. Z. f. w. Z. Bd. XV. p. 243 Tafel XXII. Fig. 3. 4. 1865.

99. *Lebert* und *Robin.* Kurze Notiz über allgemeine vergleichende Anatomie niederer Thiere A. f. A. 1846. (p. 129—130).

100. *Lehmann.* Ueber Knorpelzellen. A. f. A. 1857. p. 15.

101. *Lehmann.* Ueber den Knorpel der Achillessehne des Frosches. Z. f. w. Z. Bd. XIV. 1864. p. 109.

102. † *Lessing,* in Mittheilungen aus den Verhandl. d. naturw. Ges. zu Hamburg (ca. 1845).

103. *Leydig.* Zur Anatomie und Histologie der Chimaera monstrosa. A. f. A. 1851.
104. *Leydig.* Histologische Bemerkungen über den Polypterus bichir. Z. f. w. Z. 1855. Bd. V. (p. 51).
105. *Leydig.* Anatomisch histologische Untersuchungen über Fische und Reptilien. Berlin 1853.
106 *Leydig.* Beiträge zur mikroskopischen Anatomie der Rochen und Haie. Leipzig 1852.
107. *Loewe.* Ueber eine eigenthümliche Zeichnung im Hyalinknorpel. Wiener med. Jahrb. 1874.
108. *Luschka.* Ueber den Bau der Zwischenwirbelknorpel. Ztschr. f. rat. Med. 1855. N. F. VII. Bd.
109. *Luschka.* Zur Entwicklungsgeschichte der Gelenke. A. f. A. 1855.
110. *Maas.* Ueber das Wachsthum und die Regeneration der Röhrenknochen. Archiv f. clin. Chirurgie. 1877.
111. *Meckauer.* De penitiori cartilaginum structura Symbolae. Dissert. Prag 1836.
112. *Menzel.* Ueber die Erkrankung der Gelenke bei dauernder Ruhe. Daselbst 1871. XII. Bd.
113 *Meyer.* Der Knorpel und seine Verknöcherung. A. f. A. 1849.
114. *Morochowetz.* Zur Histochemie des Bindegewebes. Verh. d. naturh. med. V. z. Heidelberg. N. F. Bd. I. 1877.
115. *Müller, H.* Ueber verkalkte und poröse Kapseln im Netzknorpel des Ohres. Würzb. naturw. Ztschrft. Bd. I. 1870.
116. *Müller, H.* Ueber die Entwickelung der Knochensubstanz u. s. f. Z. f. w. Z. Bd XI. 1858.
117. *Müller, J.* Ueber den feineren Bau der krankhaften Geschwülste. Berlin 1838.
118. *Müller, J.* Ueber die Structur und die Eigenschaften der thierischen Bestandtheile der Knorpel und Knochen. Poggendorffs Annalen. Bd. 38. p. 295 ff.
119. *Müller, J.* Vergleichende Anatomie der Myxinoiden. Abhandl. d. Acad. d. W. zu Berlin 1834. p. 130.
120. *Müller, W.* Beiträge zur Kenntniss der Molecularstructur thierischer Gewebe. Ztschrft. f. rat. Medicin. III. R X. Bd. 1861.
121. *Nassiloff.* Ueber pathologische Veränderungen der Gelenkflächen u. s. f. Centralblatt f. d. med. W. 1870.
122. *v. Nathusius-Königsborn.* Ueber die Marksubstanz verschiedener Horngebilde, die Entwicklung des Knorpels im Rehgehörn u. s. f. A. f. A. 1869.
123. *Neumann.* Die Jodreaction der Knorpel und Chorda-Zellen. A. f. m. A. Bd. XV. 1878.
124. *Neumann.* Bemerkungen über das Knorpelgewebe und den Ossificationsprocess. Arch. d. Heilk. 1870. XI Bd.
125. *Neumann.* Hämatoidin im Knorpel. Archiv der Heilk. 1876. Bd. XVII.

126. *Nüscheler.* Einige Worte über die Bedeutung der pathologischen Veränderungen im Gelenkknorpel. Zeitschrift f. rat. Med. 1855. p. 126—142.

127. *Nykamp.* Beitrag zur Kenntniss der Structur des Knorpels. A. f. m. A. 1877. Bd. XV (gemeinsam mit *Treub).*

128. † *Ogston.* On articular cartilage. Journal of anatomy Vol. X. (Jahresbericht 1876. p. 69).

129. *Petrone.* Sulla Sruttura normale e patologica delle cartilagine e degli Epitelii. Napoli 1876.

130. *Popp.* Ueber Entzündung im Knorpelgewebe. Diss. Königsberg 1869.

131. *Prudden.* Beobachtungen am lebenden Knorpel. V. A. Bd. LXXV. 1879.

132. † *Queckett.* Catalogue of the historical series in the museum of the Royal Colleg of Surgeons 1850. Vol. I. p. 102. (cit. nach Reichert. A. f. A. 1852 p. 92 des Jahresber.).

133. *Robl-Rückhard.* Ueber den Netzknorpel des Ohres. A. f. A. 1863.

134. *Rathke.* Ueber die Entstehung des Knorpels und des Knochenmarkes. Froriep's Notizen. 1847. III. Reihe, II. Bd.

135. † *Redfern* in Monthly journal of medical science. 1849.

136. † *Reeves.* The matrix of articular cartilage. British medical journal 1876. 11. Nov. (Jahresber. d. Anat. p. 87).

137. *Reichert.* Bemerkungen zur vergleichenden Naturforschung im allgemeinen und vergleichende Beobachtungen über das Bindegewebe und die verwandten Gebilde. Dorpat 1845.

138. *Reichert.* Jahresberichte in A. f. A. (meist kritische Bemerkungen).

139. *Reichert.* Zur Streitfrage über die Gebilde der Binde-Substanz u. s. f. A. f. A. 1852.

140. *Reichert.* Ueber die neueren Reformen in der Zellenlehre. A. f. A. 1863.

141. *Reitz.* Untersuchungen über die künstlich erzeugte croupöse Entzündung der Luftröhre. W. S. B. LV. Bd. II. Abth. p. 501. 1867.

142. *Reitz.* Ueber die passiven Wanderungen von Zinnoberkörnchen durch den thierischen Organismus. W. S. B. LVII. Bd. II. Abth. p. 8. 1868.

143. *Remack.* Ueber intracellulare Entstehung thierischer Zellen u. s. f. A. f. A. 1852.

144. *Remack.* Ueber die Entstehung des Bindegewebes und des Knorpels. A. f. A. 1852.

145. † *Retzius.* Bitrag till kännedomen om brusknäfnaden. Nord. med. Archiv. Bd. IV. 1872. (Jahresber. p. 94).

146. *Reyher.* Ueber die Veränderungen der Gelenke bei dauernder Ruhe. Deutsche Zeitschrift für Chirurgie. Bd. III. 1873.

147. *Rheiner.* Ueber den Ulcerationsprocess im Kehlkopfknorpel. V. A. 1853. V. Bd.

148. *Rheiner.* Beiträge zur Histologie des Kehlkopfs. Diss. Würzb. 1852.

149. *Rollett.* Von den Bindesubstanzen. (Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben 1871).
150. *Salzmann.* Ueber den Bau und die Krankheiten der Gelenkknorpel Diss. Tübingen 1845.
151. *Schaffner.* Ueber das Enchondrom. Dissert. Würzburg 1845.
152. *Schiefferdecker.* Kleinere histologische Mittheilungen. A. f. m. A. 1878. XV. Bd.
153. †*Schklarewsky.* Pathologisch-anatomische Untersuchung des Heilungsprocesses an den Rippenknorpeln. Diss. Petersburg 1875. Jahresbericht p. 73.
154. *Schleicher.* Die Knorpelzelltheilung. A. f. m. A. 1878. XVI. Bd
155. *Schöney.* Ueber den Ossificationsprocess bei Vögeln u. s. f. A. f. m. A. 1876. Bd. XII.
156. †*Scholz.* De enchondromate. Dissert. Prag 1855.
157. *Schottelius.* Untersuchungen über physiologische und pathologische Texturveränderungen der Kehlkopfknorpel. Wiesbaden 1879.
158. *Schulin.* Ueber die Entwickelung und weitere Ausbildung der Gelenke des menschlichen Körpers. Sitzungsber. der Ges. zur Bef. d. Naturw. zu Marburg. März 1879
159. *Schultze, M.* Ueber Muskelkörperchen und das was man eine Zelle zu nennen habe. A. f. A. 1861.
160. *Schwalbe.* Knorpelregeneration und Knorpelwachsthum. Sitzungsber. d. Jen. Ges. f. Med. u. Naturw. 1878. 28. Juni.
161. *Schwann.* Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen. Berlin 1839.
162. *Schweigger-Seidel.* Die Behandlung der Gewebe mit argent. nitric. u. s. f. Arbeiten aus der physiolog. Anst. z. Leipzig. 1866.
163. †*Sokolow.* Ueber den Bau des Nasenknorpels und über die Veränderung des hyalinen Knorpels unter Einwirkung der Ueberosmiumsäure und einiger anderen Reagentien. ref. Jahresber. v. Virchow u. Hirsch. 1870. p. 24.
164. *Strassburger.* Ueber Zellbildung und Zelltheilung. Jena 1876. II. Aufl. (p. 208—211.)
165. *Thierfelder.* Ueber die Bedeutung der provisorischen Knorpelverkalkung. Archiv d. Heilk. XVI. Bd. 1875.
166. *Thin.* On the structure of hyaline Cartilage. Quarterly journal of microsc. science. Vol. XVI. 1875.
167. *Tillmanns.* Untersuchungen über die Unzuverlässigkeit der Versilberungsmethode für die Histologie der Gelenke. V. A. Bd. LXVII.
168. *Tillmanns.* Beiträge zur Histologie der Gelenke. A. f. m. A. Bd. X 1874.
169. *Tillmanns.* Die Lymphgefässe der Gelenke. A. f. m. A. 1876. XII. Bd,
170. *Tillmanns.* Ueber die fibrilläre Structur des Hyalinknorpels. A. f. A. 1877.

171. *Tizzoni.* Sulla istologia normale e patologica delle cartilagini ialini. Archivio per le Scienze Mediche. Vol. II. 1877.

172. *Töröck.* Der feinere Bau des Knorpels in der Achillessehne des Frosches. Verh. d. phys.-med. Ges. z. Würzb. N. F. III. Bd. 1872.

173. † *Tomes and de Morgan.* Observations on the structure and development of bone. Philosoph. transact. of the roy. Soc. Vol. 143. 1853.

174. † *Toynbee.* Researches, tending to prove the Non vascularity etc. of certain Tissues etc. Philosoph. transact. of the roy. soc. 1841.

175. *Valenciennes.* Recherches sur la structure et la nature du tissu élémentaire des cartilages. Comptes rendus. des sc. de l'Acad. Paris 1844. Bd. XIX.

176. † *Valençiennes.* Recherches sur la structure du tissu élémentaire des cartilages des poissons et des mollusques. Archives du Muséum. T. V. Paris 1851.

177. *Virchow.* Ueber parenchymatoese Entzündung. V. A. Bd. IV. p. 261. 1852.

178. *Virchow.* Das normale Knochenwachsthum und die rachitische Störung desselben. V. A. Bd. V. 1853. p. 409.

179. *Virchow.* Cellularpathologie. V. A. Bd. VIII. 1856.

180. *Virchow.* Knochenwachsthum und Schädelformen. V. A. Bd. XIII. p. 323 ff. 1856.

181. *Virchow.* Die Identität von Knochen-, Knorpel- und Bindegewebs-Körperchen sowie über Schleimgewebe. Verh. d. phys. med. Ges. zu Würzb. II. Bd. 1852.

182. *Virchow.* Alter und neuer Vitalismus. V. A. IX. Bd. 1856.

183. *Virchow.* Die Bindegewebsfrage. V. A. Bd. XVI. 1859. p. 1 ff.

184. *Virchow.* Ueber die Entstehung des Enchondroma u. s. f. Monatsber. d. Berlin. A. d. W. 1875. p. 760.

185. *Virchow.* Ein Fall von allgemeiner Ochronose der Knorpel und knorpelähnlichen Theile. V. A. XXXVII. Bd. 1866.

186. *Volkmann.* Nonnulla de ankylosium anatomia. Enthalten in: Observationes anatomicae et chirurgicae quatuor. Habilitationsschrift zu Halle. Leipzig 1857.

187. *Waldeyer.* Bemerkung zu Colomiatti (31) in Jahresbericht herausgeg. v. Virchow u. Hirsch 1873. (gemeinsam mit *Alexander*).

188. *Weber, C. O.* Ueber die Veränderungen der Knorpel in Gelenkkrankheiten. V. A. Bd. XIII. 1858.

189. *Weber, C. O.* Zur Geschichte des Enchondroms u. s. f. V. A. Bd. XXXV. 1866.

190. *Weichselbaum.* Zur Genesis der Gelenkkörper. V. A. Bd. LVII. 1873.

191. *Weichselbaum.* Die feineren Veränderungen des Gelenkknorpels bei fungöser Synovitis u. s. f. V. A. Bd. LXXIII. 1878.

192. *Weichselbaum.* Die senilen Veränderungen der Gelenke u. s. f. W. S. B. Bd. LXXV. III. Abthl. 1877.

*

193. *Zahn.* Ueber Pigmentinfiltration der Knorpel. V. A. Bd. LXXII. 1878.

194. *Zellinsky.* De telis quibusdam collam edentibus. Diss. Dorpat 1852.

Ausserdem wurden die mir verfügbaren Handbücher vom Jahr 1836 ab benutzt. Von deren Aufzählung, wie von den bezüglichen Abhandlungen allgemeinen Inhaltes (His, Goette, Recklinghausen, Kühne, Ziegler u. a. m.) glaubte ich absehen zu müssen, ebenso wie von der Aufnahme der ausgedehnten Literatur über die Anwendung der Silbermethode, soweit nicht der Knorpel specielles Untersuchungsobject war.

Nachträge.

1. Die Arbeit von *Strasser:* Zur Entwickelung der Extremitätenknorpel bei Salamandern und Tritonen (morphol. Jahrb. V. Bd. II. Hft., bisher nur im Separatabdruck — durch freundliche Sendung des Herrn Verfassers — mir zugegangen) erhielt ich erst, als die Ausarbeitung meiner — schon Ende 1878 abgeschlossenen und dem wesentlichen Inhalt nach bereits in der hiesigen physikalisch-medicinischen Gesellschaft den 4. Jan. 1879 vorgetragenen — Untersuchungen bereits nahezu beendet, der Druck schon im Gange war. Die Verschiedenheit des Untersuchungsobjectes, die vollständige Unabhängigkeit der Ergebnisse dürfte es rechtfertigen, wenn ich die Besprechung der Arbeit *Strasser's* auf die beabsichtigte Fortsetzung meiner Untersuchungen verschiebe.

Ganz zum Schlusse erhalte ich nun auch *Hasse:* Ueber den Bau und über die Entwickelung des Knorpels bei den Elasmobranchiern. Zool. Anzeiger v. 23. Juni 1879. Hervorheben will ich hier nur, dass eine volle Uebereinstimmung zu herrschen scheint hinsichtlich 1) des Entstehens der embryonalen Grundsubstanz („prochondrales Alveolenwerk") durch direkte Umwandlung des Protoplasma, 2) der Ausbildung des definitiven Charakters der ersteren erst innerhalb der „prochondralen Grundsubstanz". Die Saftbahnen sind nach *Hasse* ein Rest der prochondralen Zwischenzellmasse, der netzförmig die hyaline Grundsubtsanz durchsetzt. Da der — wie ich glaube hinlänglich erwiesene — Connex zwischen dem homogenen Theil der Zellsubstanz und dem Kitt der Grundsubstanz durch jene Arbeiten nicht berührt wird, so wird eine wesentliche Differenz der auf entwicklungsgeschichtlichem und der auf mikrochemischem Wege erlangten Ergebnisse kaum resultiren. Doch glaube ich, dass die interessanten Ergebnisse von *Strasser* und *Hasse* eine Erweiterung der Nomenklatur nicht bedingen.

2. Während des Druckes werde ich noch aufmerksam auf eine Angabe von *Weichselbaum* (Allgem. Wiener med. Ztg. 1878, Nr. 15 u. 16) wonach er im Knorpel in einem Fall von Argyria Färbung der Zwischensubstanz antraf. Da mir das Original nicht mehr zeitig zu beschaffen ist

das vorliegende Referat (Centralbl. f. d. med. W. 1878, p. 954) davon nichts enthält, so kann ich über die Anordnung des Farbstoffes nichts angeben.

3. Nachträglich erhalte ich noch *Schulin:* Ueber die Entwickelung und weitere Ausbildung der Gelenke des menschlichen Körpers. A. f. A. 1879.

Würzburg, den 5. Juli 1879.

Berichtigungen.

Seite	11	Zeile	22	statt Arnoed lies Arnold.
„	11	„	24	„ Untersuchungçn lies Untersuchungen.
„	27	„	30	nach soll fehlt ,
„	30	„	6	statt ((lies (
„	30	„	29	„ vuigaris lies vulgaris.
„	32	„	19	nach verwiesen fehlt —.
„	60	„	10	statt wecssen lies weissen.
„	67	Anm.	2	ist irrthümlich mit 1, Anm. 3 mit 2 bezeichnet.
„	74	Zeile	7	statt dass lies das.
„	74	„	17	das , nach Processe zu streichen.
„	101	und	102	ist durchweg statt Seubert Seibert zu lesen.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I. Femur des Frosches. Oberes Gelenkende. Totalversilberung. Schnitt schräg zur Oberfläche. Die 3 Bilder aus einem Präparat.

Fig. 1. Uebersichtsbild. Rand des Knorpels abwärts gekehrt. Seubert III. Oc. 1.

Fig. 2. Aus der ausserhalb der verkalkten Stelle gelegenen Zone. Seubert VI. Oc. 1.

Fig. 3. Partie zwischen verkalkten Bälkchen. Die Letzteren in der Zeichnung nicht ausgeführt, die Punktirung der Streifen, die obwohl kaum halb so stark vergrössert, doppelt so breit als in Fig. 2 erscheinen, ist etwas zu dunkel ausgefallen. Seubert III. Oc. 2.

Tafel II. Kopfknorpel von Octopus. Fig. 1 und 2 aus in Jodlösung untersuchten Präparaten, Fig. 3—5 behandelt nach Fürbringer.

Fig. 1. Protoplasmatische nach allen Richtungen verbreitete Zellausläufer. An der im linken unteren Winkel des Bildes gelegenen Zelle sind die Ausläufer theilweise von dem Zellkörper abgerissen; die Zelle ist nach der in der Zeichnung nach oben gerichteten Wand der Zellhöhle dislocirt. Von den beiden nur durch eine dünne Scheidewand getrennten Zellen ist die eine etwas zu nahe an die Scheidewand gezeichnet worden. Seubert VII. Oc. 0.

Fig. 2. Die protoplasmatischen Fortsätze überwiegend nach einer Seite von den Zellen ausgehend. An zwei Zellen verzweigte Ausläufer. Seubert VII. Oc. 0.

Fig. 3. Zahlreiche von der Knorpelhöhle ausstrahlende Kanäle. Protoplasmatischer Inhalt nicht nachweisbar. Die retrahirten Zellen im Centrum der Knorpelhöhle. Seubert VII. Oc. 0.

Fig. 4. Aus demselben Knorpel wie Fig. 3. Fibrilläre Structur. Die Fibrillen in der Längsrichtung sichtbar. Seubert VII. Oc. 0.

Fig. 5. Fibrilläre Zerlegung. Querschnitt der Fasern. Gundlach (Seubert) IX. Oc. 0.

Tafel III.

Fig. 1. Condylus femoris vom jungen Kaninchen. Silberbehandlung nach Heitzmann; radiäre Zerklüftung der Grundsubstanz. Gundlach IX. Oc. 0.

Fig. 2. Tarsalknorpel eines 5 cm langen menschlichen Embryo. Spirituspräparat in Glycerin. Die Zellen theils durch einfache, theils durch mehrere parallel verlaufende Linien verbunden. Gundlach IX. Oc. 0.

Fig. 3. Condylus femoris vom jungen Kaninchen. Silberimprägnation nach Heitzmann. Das Präparat welches ursprünglich die radiäre Zerklüftung ähnlich Fig. 1 zeigte, enthält nur noch parallel angeordnete Linien. Gundlach IX. Oc. 0.

Fig. 4. Aus dem Knorpelrand der Scapula eines jungen Kätzchen. Osmiumpräparat. Bubnoff'sche Linien. Seubert VII. Oc. 1.

Fig. 5. Femur vom Frosch. Totalversilberung (Canadabalsam.) Bubnoff'sche Linien die Bänder kreuzend. Seubert VI. Oc. 0.

Tafel IV.

Fig. 1. Junges Kaninchen. Versilberung nach Heitzmann; radiäre Streifung der Knorpelkapsel. Gundlach IX. Oc. 0.

Fig. 2. Frosch. Schnittversilberung. Die Zellen etwas dichter gezeichnet als im Präparat. Am unteren Rande angeschnittene Knorpelhöhle, aus welcher die Zelle herausgefallen ist. Gundlach VII. Oc. 0.

Fig. 3. Knorpel vom Frosch. Totalvergoldung. Körnige Streifen in der Grundsubstanz um eine ungewöhnlich grosse Zelle. Gundlach IX. Oc. 1.

Fig. 4. Rippenknorpel des Menschen. Spirituspräparat. Pericelluläre körnige Trübung der Grundsubstanz. Seubert VII. Oc. 0.

Fig. 5—7. Intervertebralknorpel vom Triton taeniatus. Carminpräparate in Canadabalsam. Spaltungen in Fig. 5 Interstitielle Kerne in Fig. 6 und 7. Gundlach IX. Oc. 0.

Tafel V.

Fig. 1, 2, vom Condylus femoris des Hundes.

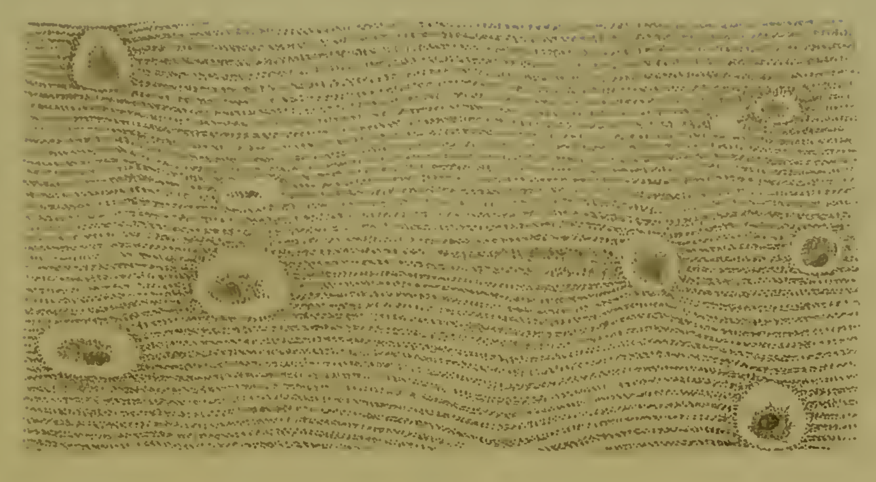
Fig. 1. Faserknorpel. Silberimprägnation nach Heitzmann. Nach oben gerichtet deutliche Knorpelkapseln. Gundlach IX. Oc. 0.

Fig. 2. Keratoides Silberbild. (Stelle mit spärlichen Verzweigungen.) Seubert VII. Oc. 1.

Fig. 3. Vom Caput femoris des Kaninchen. Spirituspräparat, behandelt nach Fürbringer. Der nach unten gekehrte Rand der Zeichnung entsprechend der Gelenkfläche. (Schnitt annähernd senkrecht zur Gelenkfläche.) Die punktirten Stellen durchschnittenen Fibrillenbündeln entsprechend.

Die Zeichnungen mit Ausnahme von Tafel II, Fig. 1, 2, Tafel III, Fig. 2, 4, Tafel IV, Fig. 2 bis 7 und Tafel V, Fig. 3, sind von dem Zeichner der hiesigen Anatomie, Herrn Rabus, angefertigt. Ihm, sowie der lithographischen Anstalt des Herrn Hofmann in Würzburg sage ich für die vorzügliche Ausführung meinen Dank.

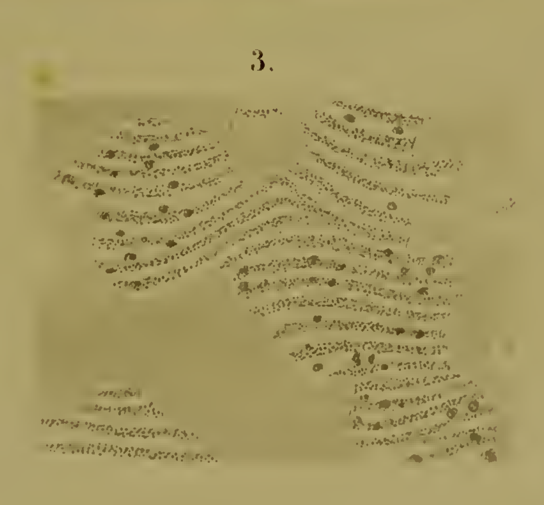
2.



1.



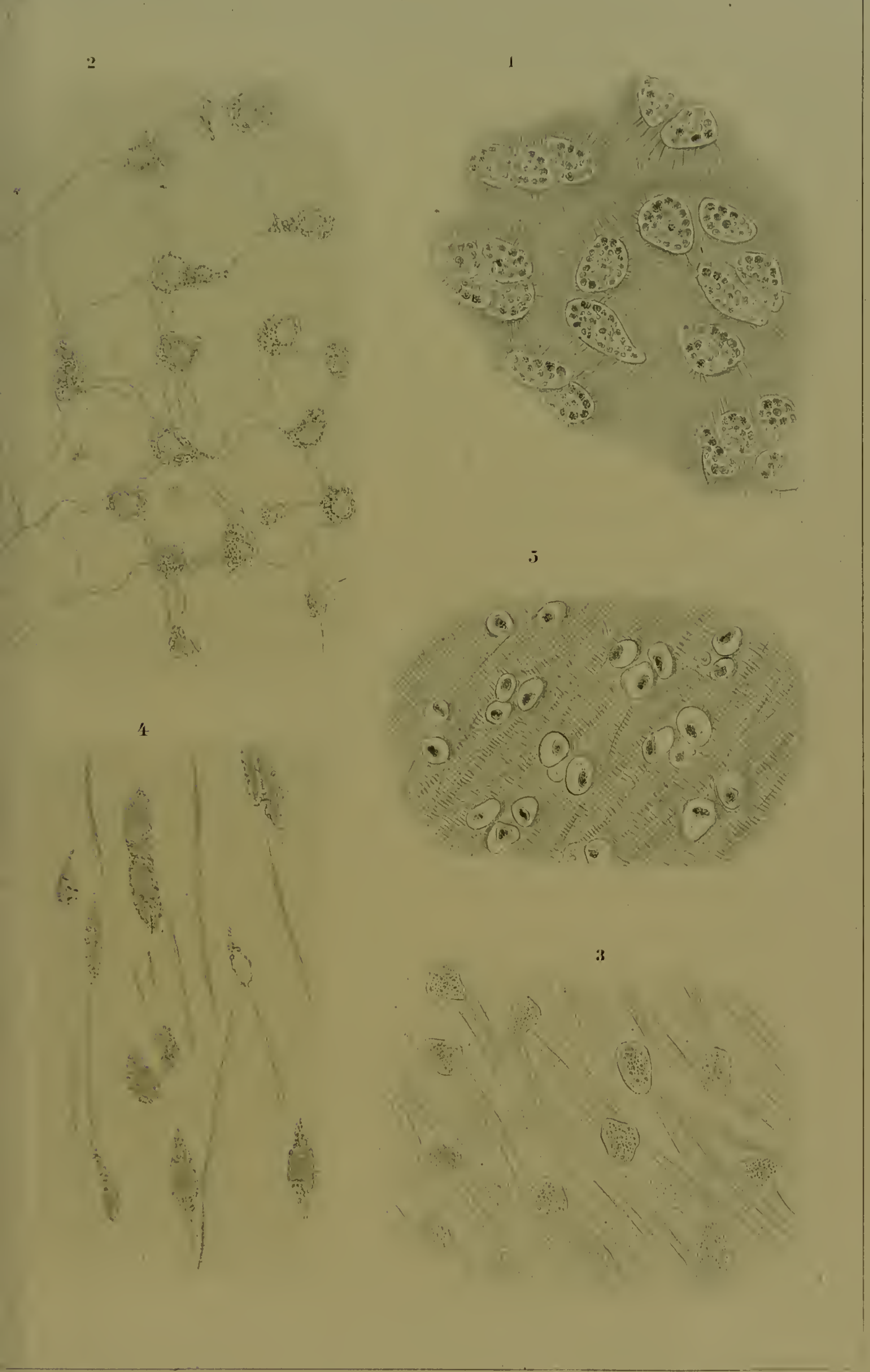
3.






1
3
5
2
4

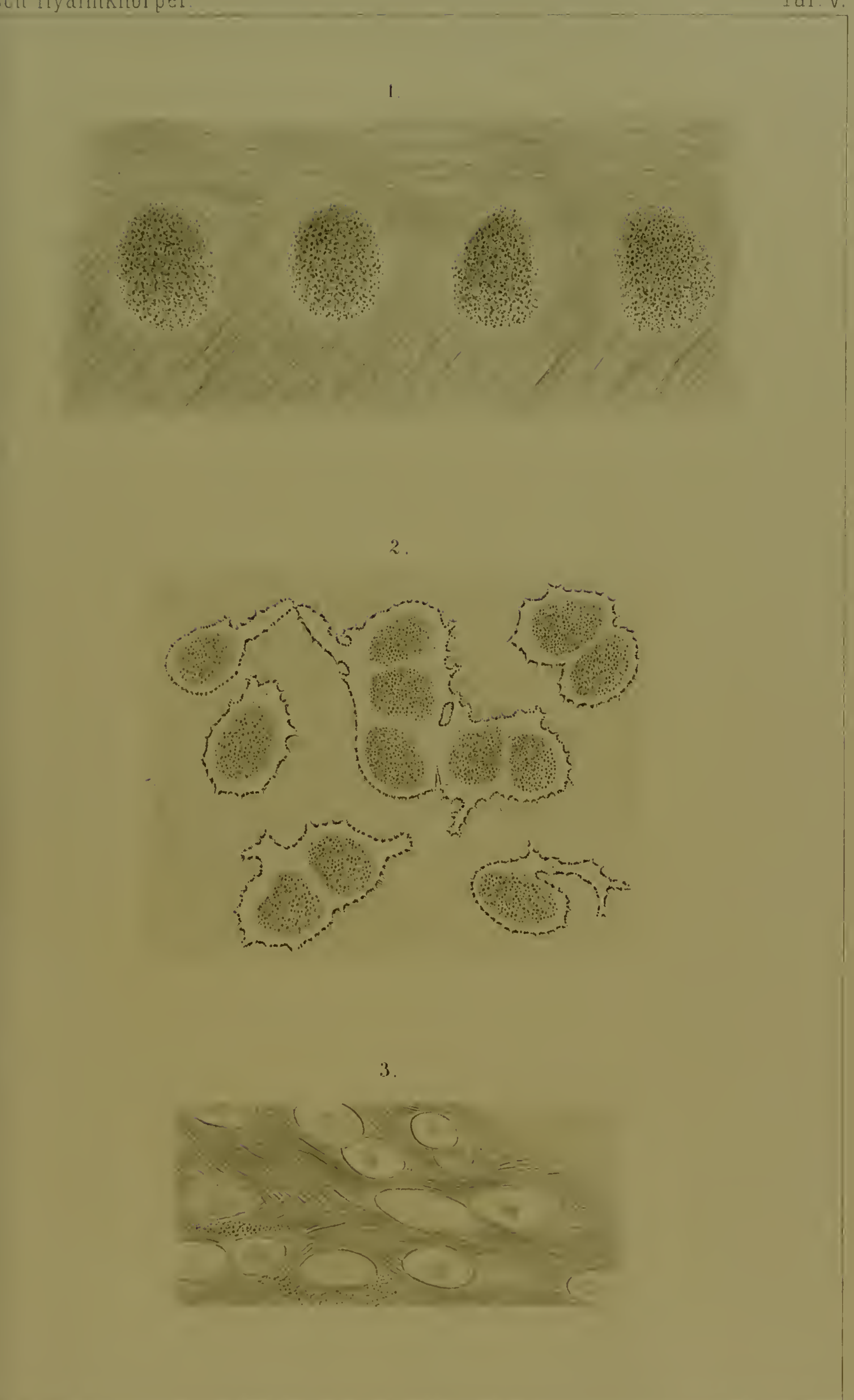



2
1
5
4
3




1.
7.
2.
3.
5.
6.
4.




1.
2.
3.







